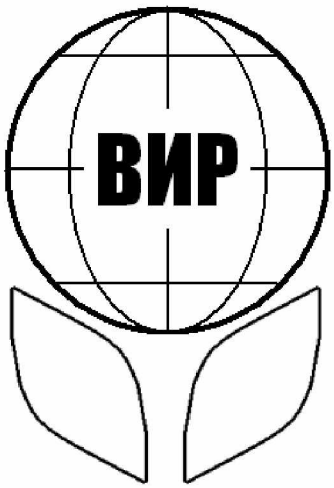
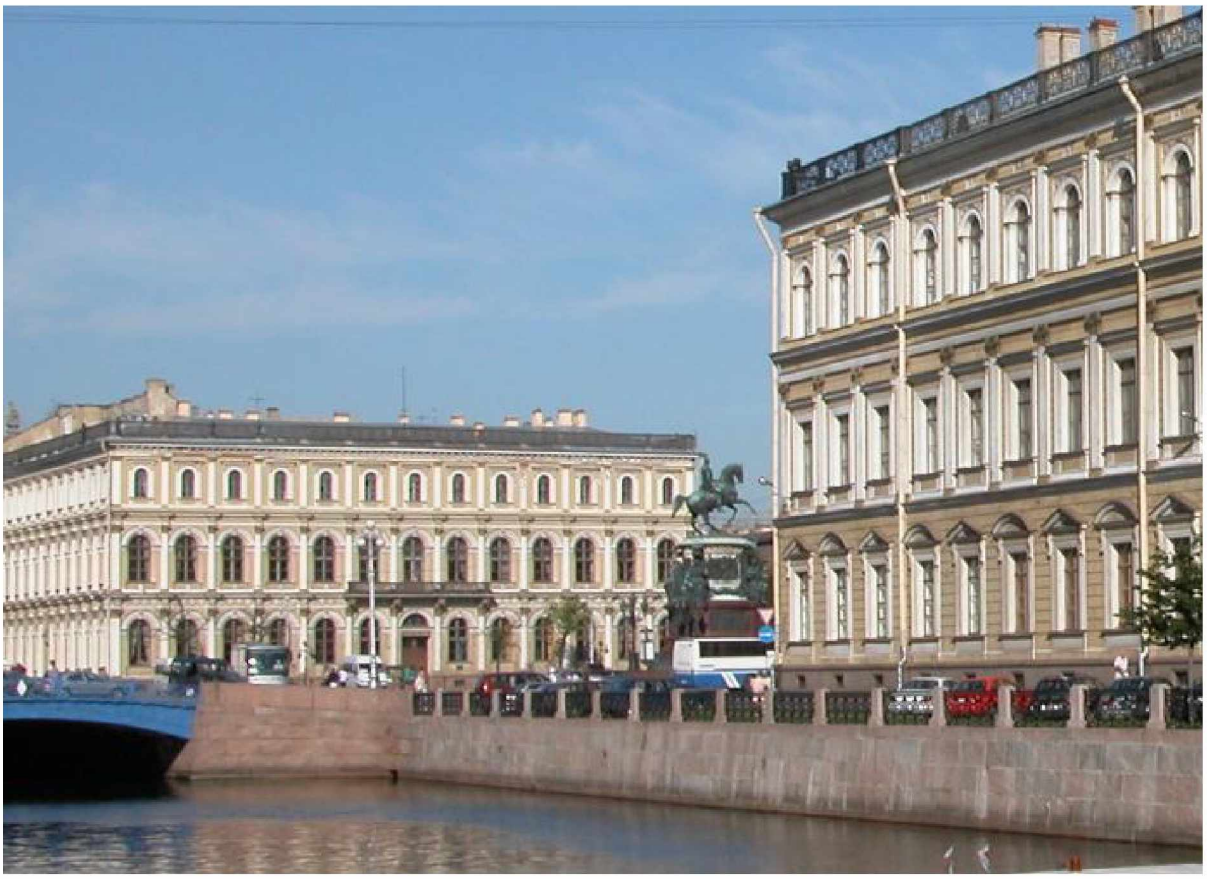
Материалы
международной научной конференции
«Роль Вавиловской коллекции
генетических ресурсов растений
в меняющемся мире»
посвященной 115-летию
Всероссийского научно-исследовательского
института растениеводства
имени Н. И. Вавилова



115 лет

Всероссийскому научно-исследовательскому институту растениеводства имени Н. И. Вавилова



РОССИЙСКАЯ АКАДЕМИЯ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ НАУК

**ГОСУДАРСТВЕННЫЙ НАУЧНЫЙ ЦЕНТР
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
ВСЕРОССИЙСКИЙ НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ИНСТИТУТ
РАСТЕНИЕВОДСТВА имени Н.И. ВАВИЛОВА (ГНЦ РФ ВИР)**

ТРУДЫ ПО ПРИКЛАДНОЙ БОТАНИКЕ, ГЕНЕТИКЕ И СЕЛЕКЦИИ, том 166

Редакционная коллегия

Д-р биол. наук, проф. *Н.И. Дзюбенко* (главный редактор), д-р биол наук *О.П. Митрофанова* (зам. главного редактора), д-р биол. наук *И.Н.Анисимова*, канд. с.-х. наук *Л.А. Бурмистров*, д-р с.-х. наук, проф. *В.И. Буренин, д-р биол. наук М.А. Вишнякова*, д-р биол. наук *В.А. Гаврилова*, д-р биол. наук *С.Д. Киру*, канд. биол. наук *И.А. Косарева, д-р биол. наук В.А. Кошкин,* д-р биол. наук *И.Г. Лоскутов*, канд. биол. наук *Л.П. Подольная,* д-р биол. наук *В.В. Пономаренко*, *д-р биол. наук Е.К. Потокина*, д-р биол. наук *Е.Е. Радченко*, канд. с.-х. наук *О.И. Романова*, канд. биол. наук *Т.Н. Смекалова*, д-р биол. наук *О.В. Солодухина*, д-р биол. наук *А.А. Юшев*, канд. с.-х. наук *Н.П. Лоскутова* (секретарь редколлегии)

Ответственный за выпуск – канд. биол. наук *Е.И. Гаевская*

**САНКТ-ПЕТЕРБУРГ
2009**

УДК 632.2:633.311:631.52:632.938

ТРУДЫ ПО ПРИКЛАДНОЙ БОТАНИКЕ, ГЕНЕТИКЕ И СЕЛЕКЦИИ. Т. 166 - СПб.:ВИР, 2009, 615 с.

Представлены материалы международной научной конференции «Роль Вавиловской коллекции генетических ресурсов растений в меняющемся мире», посвященной 115-летию Всероссийского научно-исследовательского института растениеводства имени Н. И. Вавилова. Рассмотрены результаты мониторинга, сохранения и всестороннего изучения генетических ресурсов растений, полученные с применением традиционных и инновационных технологий. Показана роль потенциала наследственной изменчивости важнейших сельскохозяйственных культур в решении текущих и перспективных задач селекции, в том числе, сопряженных с изменением климата. Продемонстрирована значимость генетических ресурсов растений для продовольственной, экологической и биоресурсной безопасности.

Для ресурсоведов, генетиков, селекционеров и специалистов, работающих в области мобилизации, сохранения, изучения и использования генетических ресурсов растений.

Тезисы публикуются в авторской редакции

RUSSIAN ACADEMY OF AGRICULTURAL SCIENCES
STATE SCIENTIFIC CENTRE
N.I.VAVILOV ALL-RUSSIAN RESEARCH INSTITUTE OF PLANT INDUSTRY

Devoted to the 115th Anniversary
of the N.I. Vavilov All-Russian Research Institute
of Plant Industry

BULLETIN OF APPLIED BOTANY, OF GENETICS AND PLANT BREEDING, vol. 166

Editor-in-charge E. I. Gaevskaya, Ph. D.

Hereby, proceedings of the international scientific conference '*The Role of the Vavilov Plant Genetic Resources Collection in the Changing World*' devoted to the 115th Anniversary of the N.I.Vavilov All-Russian Research Institute of Plant Industry are presented. The results of plant genetic resources (PGR) monitoring, conservation and comprehensive study applying common and innovative technologies are discussed. The offered data illustrate the role of genetic variation in the most important agricultural crop species in addressing current and future breeding problems, including those associated with the global and local climate changes. The significance of PGR for solving the problems of food, ecological and bioresource security is demonstrated.

The publication is addressed to PGR experts, geneticists, breeders and the scientific community involved in PGR collecting, conservation, study and utilization.

© Государственный научный центр
Российской Федерации
Всероссийский НИИ растениеводства
имени Н.И. Вавилова (ГНЦ РФ ВИР), 2009

ГЕНЕТИЧЕСКИЕ РЕСУРСЫ РАСТЕНИЙ КАК СТРАТЕГИЧЕСКИЙ КОМПОНЕНТ ПРОДОВОЛЬСТВЕННОЙ, ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ И БИОРЕСУРСНОЙ БЕЗОПАСНОСТИ

ГЕНЕТИЧЕСКИЕ РЕСУРСЫ ВИР КАК ФАКТОР ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ БЕЗОПАСНОСТИ И СТАБИЛЬНОГО РАЗВИТИЯ АПК ВОЛГО-ВЯТСКОГО РЕГИОНА

Г. А. Баталова
ГУ НИИСХ Северо-Востока им. Н. В. Рудницкого РАСХН, Киров, Россия, e-mail: g.batalova@mail.ru

Резюме

В современных условиях рост валового производства зерна происходит преимущественно за счет увеличения урожайности зерновых культур, определяемой их сортиментом, используемым в производстве. Важнейшим фактором формирования продуктивности современных сортов является исходный материал, на основе которого получены новые сорта. По имеющимся данным возделываемые в производстве сорта зерновых культур – это преимущественно отборы из гибридных популяций, созданных с привлечением мирового генофонда ВИР.

GENETIC RESOURCES OF VIR AS THE FACTOR OF ECOLOGICAL SAFETY AND STABLE DEVELOPMENT OF AGRO-INDUSTRIAL COMPLEX OF VOLGA-VYATKA REGION

G. A. Batalova
North-East Agricultural Research Institute N. V. Rudnitsky of RAAS, St. Kirov, Russia, e-mail: g.batalova@mail.ru

Abstract

At modern conditions the growth of total grain production occurs mainly at the expense of increase of yield of cereals, which is determined by their assortment used for cultivation. The major factor of formation of efficiency of modern varieties is the initial material, on the basis of which the new varieties were received. Available data show that varieties of cereals, cropped in agricultural industry, represent mainly selections from hybrid populations created with used of VIR's world collection.

Важное место в решении задач современного сельского хозяйства, связанных с адаптивной интенсификацией земледелия, занимает создание и широкое использование сортов и гибридов нового поколения. Селекция не только позволяет повысить экономическую эффективность сельскохозяйственного производства, но и сохранить сложившиеся на конкретной территории растительное и животное сообщества. По имеющимся оценкам, вклад селекции в повышение урожайности важнейших сельскохозяйственных культур за последние десятилетия оценивается в 30–70%, и имеются все основания утверждать, что роль этого фактора интенсификации производства будет постоянно возрастать [3]. Последнее связано как с общей тенденцией к биологизации и экологизации сельскохозяйственного производства, так и со значительно возросшими возможностями самой селекции в управлении генотипической изменчивостью культивируемых видов.

Согласно статистике Международного Союза по защите авторских прав селекционеров (UPOV), в мире используется более 40 тыс. официально зарегистрированных сортов различных культур. Благодаря селекционным достижениям растет производство продукции растениеводства, расширяется ее разнообразие по качеству и возможности хозяйственного использования. Вместе с тем постоянно увеличивается спрос на новые сорта, обладающие

комплексом ценных признаков, способные давать высокие урожаи в разнообразных условиях среды, позволяющие использовать энергосберегающие и природоохранные технологии.

Возрастающие требования к новым сортам в отношении их устойчивости к стрессовым факторам определяют все большую адаптивную и экологическую направленность селекции. В свою очередь почвенный и климатический потенциал конкретного земледельческого региона в значительной мере определяет эффективность ведения растениеводства, распространение и возможность возделывания сельскохозяйственных культур и сортов, влияет на направления селекционных и технологических исследований.

Волго-Вятский экономический район входит в состав Приволжского федерального округа, крупнейшего зернопроизводящего региона России. В 2008 г. сельхозпредприятиями ПФО было получено 27,16 млн т зерна, или 121,5% относительно уровня 2007 г. Увеличение производства зерна в административных территориях Волго-Вятского региона варьировало от 123,5% (607,0 тыс. т) в Кировской обл. до 141,7% в Чувашской Республике (522,5 тыс. т). В Нижегородской обл. Республики Мордовия было получено по 1297,1 и 1167,9 тыс. т зерна или 124,5 и 128,5% к показателю 2007 г. соответственно.

Анализ динамики изменения валового сбора зерна, посевных площадей и урожайности в разрезе культур свидетельствует о возрастающем вкладе урожайности в формирование валового сбора зерна (табл. 1). Наиболее характерна данная тенденция для Республик Марий Эл, Мордовия и Кировской обл.

А. А. Жученко [4] указывает, что чем более неблагоприятны почвенно-климатические условия, ниже уровень техногенной оснащенности и дотационности производства, тем значительнее влияние сорта на продуктивность посевов. Высокая урожайность ячменя получена в 2008 г. на территориях с наиболее благоприятными почвенно-климатическими условиями Республики Мордовия – 3,13 т/га, Чувашская – 2,36 т/га и Нижегородская обл. – 2,64 т/га. В то же время в Республике Марий Эл и Кировской обл., где эффективность растениеводства в значительной степени лимитируется доминирующими низкоплодородными, часто с кислой реакцией почвенного раствора подзолистыми и дерново-подзолистыми почвами, сбор зерна ячменя составил 1,34 и 1,69 т/га. Однако прирост урожайности для всех административных территорий региона в 2008 г. относительно 2007 г. был равнозначен.

Таблица 1. Динамика изменения валового сбора зерна, посевной площади и урожайности зерновых культур на территории Волго-Вятского региона РФ, показатель 2008 г. к уровню 2007 г. в %

Показатель	Республика			Область	
	Марий Эл	Мордовия	Чувашская	Кировская	Нижегородская
Пшеница озимая и яровая					
валовой сбор	138,2	121,1	129,5	135,5	106,3
площадь	105,9	107,2	113,7	105,8	103,3
урожайность	130,3	110,5	111,9	125,0	95,2
Озимая рожь					
валовой сбор	114,9	90,7	114,5	107,5	81,7
площадь	95,9	86,3	112,9	90,8	93,1
урожайность	118,3	104,4	101,5	120,0	85,5
Ячмень					
валовой сбор	143,2	141,8	176,4	123,7	174,6
площадь	99,4	99,8	131,2	96,4	103,3
урожайность	144,1	140,4	128,3	126,1	142,7
Овес					
валовой сбор	188,8	181,4	151,8	132,2	148,3
площадь	121,0	132,2	116,0	108,6	105,6
урожайность	157,1	135,1	122,5	119,5	115,3

Урожайность зерновых, как отмечалось ранее, во многом зависит от набора сортов, используемых в производстве. В Волго-Вятском регионе в 2008 г. высевали 23 районированных сорта озимой ржи на площади 220,6 тыс. га. Из них только 8 были включены в Госреестр РФ с 2000 г. Подобная ситуация наблюдается и на административных территориях. Например, в Кировской обл. на площади 97 тыс. га высевали в 2008 г. 7 районированных сортов. Доминировали в посевах сорта Фаленская 4 (более 50% площадей), районированная с 1999 г. и Вятка 2 – с 1950 г. После 2000 г. в производство были допущены только сорта Рушник (с 2008 г.) и Татьяна (с 2007 г.).

В связи с этим встает вопрос экономически оправданного срока использования сортов в производстве и сортосмены. Известно, что наибольшую отдачу сорта дают в первые годы использования, так как накапливающиеся в процессе репродуцирования негативные признаки (болезни и т. д.) отрицательно влияют на количество и качество урожая [5]. На урожайности, как конечном показателе, отражается все то, что произошло в ходе онтогенеза растения, и поэтому она больше всего подвержена воздействию со стороны факторов окружающей среды [1]. В естественных экосистемах растения и атакующие их организмы находятся в равновесии, что несвойственно агроэкосистемам. Большие зоны возделывания генетически однообразных сортов и видов и нарушенная система севооборотов приводят к эпифитотиям (вызываемым грибами, бактериями или вирусами). С другой стороны, селекция на высокий потенциал продуктивности и улучшение качества продукции без одновременной работы по усилению иммунной системы растений способствует в определенной степени снижению устойчивости к неблагоприятным факторам внешней среды, как биотическим, так и абиотическим, и приводит к высокой уязвимости их патогенами. Эволюция паразита идет очень быстро и в ряде случаев обгоняет темпы селекции устойчивых сортов. Это приводит к постоянной необходимости идентификации новых генов устойчивости к болезням и введения их в новые сорта. Поэтому экологическое направление селекции предполагает наряду с повышением устойчивости к эдафическим стрессовым факторам формирование у новых сортов и гибридов устойчивости к патогенам, что является важнейшим фактором стабилизации экологического состояния окружающей среды.

Многочисленные инфекционные болезни поражают растения на всех этапах их онтогенеза. Потери урожая зависят от времени появления болезни и пораженных органов, связаны с гибелью всходов, уменьшением количества продуктивных стеблей и зерен в колосе (метелке), массы 1000 зерен. Среди заболеваний зерновых в Волго-Вятском регионе большое распространение и эпифитотийную опасность имеют головневые и ржавчинные заболевания, корневые гнили. Корневые гнили пшеницы, ржи, ячменя, овса относятся к числу внешне малозаметных, но весьма вредоносных заболеваний хлебных злаков. Недобор урожая, вызванный корневыми гнилями, может достигать 8–11%.

Исследованиями сотрудников ВНИИ фитопатологии установлено, что в условиях Волго-Вятского региона основными возбудителями корневых гнилей являются грибы видов *Fusarium: F. oxysporum и F. culmorum*. Они распространены не только на окультуренных плодородных почвах с pH, близкой к нейтральной, но и на низкоплодородных кислых почвах.

Проработка коллекционного материала овса на инфекционном фоне возбудителей *F. oxysporum и F. culmorum* показала, что в качестве источников в селекции на корневые гнили возможно использование сортообразцов коллекции ВИРа к-14428 Wilma (Нидерланды), к-14310 Eberhart (Австралия) и к-14252 Jvoire (Франция), поражение которых не превышает 1,6–1,8%, при отсутствии гибели растений. Практически не поражается корневыми гнилями новый сорт овса Эклипс, созданный с использованием образца генофонда ВИРа к-14428 Wilma. Новый сорт сочетает высокую урожайность и качество зерна с толерантностью к почвенной кислотности и устойчивостью к повреждению шведской мухой. Наряду с этим в создании овса Эклипс использовали ранее выделенные источники и доноры хозяйственно ценных признаков. На первом этапе провели скрещивания сортообразцов Putnam 71 (США) и Sörbo (Швеция). Далее из гибридной популяции F_3 была выделена линия Е-1643, которая сочетала позднеспелость с устойчивостью к корончатой ржавчине, крупным зерном (масса

1000 зерен 41–46 г), но имела среднего уровня урожайность. Линию использовали в качестве отцовской формы в скрещиваниях с сортом Кировский, полученным индивидуальным отбором из образца Flämingskrone (Германия) в 1965 г. Он сочетает высокую урожайность со скороспелостью и устойчивостью к пыльной головне. Затем в результате трех повторяющихся циклов индивидуального отбора с пересевом (F_4, F_5, F_6) было выделено элитное растение под номером И-2049. В 1998 г. получили гибрид Wilma × И-2049. В 2001 г. из F_3 отобрали селекционный номер И-3524, под названием Эклипс переданный в 2007 г. на ГСИ. Номер И-2049 в свою очередь включен в Госреестр охраняемых селекционных достижений РФ для Волго-Вятского и Северного регионов районирования с 2007 г. под названием Гунтер. Потенциальная урожайность овса Гунтер 11,2 т/га.

На Северо-Востоке европейской территории России пыльная головня – распространенное заболевание. Она приводит к потере 18–20% урожая зерна. В значительной степени заболевание распространено на посевах овса (15–20% обследованных площадей), что связано с нарушением технологий, поэтому в схему селекционного процесса привлекаются источники устойчивости, выявленные при оценке на искусственных инфекционных фонах, доноры устойчивости из коллекции ВИРа и других научно-исследовательских учреждений России. Из 718 изученных на искусственном инфекционном фоне сортообразцов в сильной степени (поражение 51,0 – 70,0%) поразилось 24,1% и в очень сильной (поражение более 70,0%) – 11,5%. Группа практически устойчивых форм составила 6,3% от числа изученных образцов. Это преимущественно коллекционные образцы из Канады и США. Соотношение коллекционных и селекционных образцов в других группах устойчивости примерно одинаково. Однако по хозяйственно-биологическим показателям, в том числе и по продуктивности, селекционные образцы превосходят коллекционные. Особый интерес представляют устойчивые формы И-3040, И-2957 и 432h98, урожайность которых превышает стандарты или находится на их уровне. Они получены с привлечением в скрещивания сортообразцов Etzel, Wintersteiger, Putnam 71, Sorbo, Chief, Tieger. В исследованиях у линии И-2957 больных растений не было обнаружено, поражение сорта И-3040 не превышало 1,9%. При этом прибавка урожая к стандарту Аргамак составила 0,28–0,36 т/га, к стандарту Улов – 0,21–0,65 т/га соответственно.

В настоящее время на полях России возделываются 10 сортов ярового овса селекции НИИСХ Северо-Востока. Наиболее распространен в Волго-Вятском регионе овес Аргамак. Например, в Кировской обл. он занимает 56% посевных площадей овса. Аргамак создан методом гибридизации с последующим двукратным индивидуальным отбором из гибридной популяции от скрещивания сортов Etzel (Германия) и Писаревский (Россия). Совместно с учеными Московского отделения ВИР создан сорт Кречет, который по продуктивности, стабильности урожая зерна и адаптационным возможностям превосходит овес Аргамак. Сорт районирован с 2005 г. При создании исходного материала использовали в качестве материнской формы образец АС 805 (Германия), отцовской – Siegfrid (Германия). Овес Кречет формирует высокий, стабильный по годам урожай зерна (8,9 т/га) с натурой свыше 500 г/л, устойчив к полеганию и засухе, осыпанию.

Наряду с селекцией на высокий потенциал урожайности в последнее десятилетие все более актуальна задача создания сортов зерновых для производства кормов. При этом необходимо получение генотипов, максимально возможно сочетающих высокий урожай зерна, зеленой массы и сухого вещества с хорошим качеством продукции, устойчивостью к полеганию, поражению болезнями. Исследования показали, что в большинстве случаев образцы с высокой кормовой продуктивностью имели урожай зерна на уровне или ниже стандарта, районированного сорта Аргамак. Достоверно высокий урожай зерна и максимальный средний показатель (725 г/м^2) в исследованиях 2007–2008 гг. имел только перспективный сорт конкурсного испытания И-3400, отбор из гибридной популяции [Улов × (Chief × Tieger)] (табл. 2). Выделено семь сортообразцов, которые могут быть использованы в качестве источников на кормовую продуктивность. Это гексаплоидные формы овса (*Avena sativa* – овес посевной) – Сибирский кормовой, Камышинский, Борси (Россия), Sapporo

(Япония), перспективные сорта конкурсного испытания – 47h99, 138h88 и диплоидный образец Saia (*Avena strigosa* – овес песчаный) из Бразилии. Для образцов Борси, Урал и Камышинский наряду с высокой продуктивность по зеленой массе и сухому веществу характерно повышенное содержание белка в сухом веществе: 13,36, 12,02 и 11,43% соответственно. Максимальное содержание жира, 3,4%, отмечено у сорта 642h04.

Содержание клетчатки в сухом веществе значительно варьировало. Минимальный показатель клетчатки (25,93%) был у образца к-9180 местный (Болгария). Сорт Орион (Россия) характеризовался высоким урожаем и качеством сухого вещества (%): содержание белка – 11,43, жира – 2,66, клетчатки – 30,72 при 10,15, 2,20 и 38,70% соответственно у стандарта. Питательность 1 кг корма из данного сорта составила 0,71 к. ед. Это наиболее высокий показатель в группе сортов, выделившихся по урожаю сухого вещества и зеленой массы.

Таблица 2. Урожай зерна, зеленой массы и сухого вещества лучших сортообразцов коллекционного питомника овса кормового использования по годам

№ по каталогу ВИР	Сорт	Происхождение	Урожай, г/м^2					
			зерна		зеленой массы		сухого вещества	
			2007	2008	2007	2008	2007	2008
11015	Укосный 550	Россия	341	263	3970*	4074	1255*	1010
15062	Сибирский кормовой	"	563	570	3126*	5006*	768*	970
10770	Камышинский	"	434	568	3200*	5534*	948*	1150*
14725	Борси	"	605	571	3393*	4815*	769*	850
	Конкур	"	672	735*	2948	5815*	760*	1050*
	И-3400	"	783*	667*	2484	4704	643	980
	138h02	"	625	570	3600*	6741*	942*	1320*
	47h99	"	667	488	3185*	6015*	795*	1220*
11008	Saia	Бразилия	434	416	3644*	5704*	962*	1100*
14887	Sapporo	Япония	377	440	3467*	5148*	978*	1020
	Аргамак (ст.)	Россия	601	570	2473	4026	630	858
$НСР_{05}$			173	93	502	748	129	186

*отклонение статистически достоверно на уровне P = 0,05.

Подбор родительских форм представляет наиболее трудную задачу комбинационной селекции. Н. И. Вавилов [2] считал, что основой селекционной работы должны быть местные адаптивные популяции, в то же время необходимо привлекать мировое разнообразие. В настоящее время в скрещивания привлекают сорта европейской и отечественной селекции, Северной и Южной Америки и т. д. Ежегодно коллекция исходного материала пополняется новыми образцами. За период с 1999 по 2009 гг. включительно в отдел овса НИИСХ Северо-Востока поступило для изучения из ВИРа и других научных учреждений около 2500 сортообразцов овса. По результатам оценки выделены источники для создания сортов, адаптивных к комплексу биотических и абиотических стрессовых факторов Волго-Вятского региона различных направлений использования, обеспечивающих формирование высокого стабильного урожая зерна и кормовой массы. Методом гибридизации создан новый исходный материал с привлечением в качестве родительских форм перспективных и возделываемых в производстве сортов отдела 346h98, 443h98, И-2702, Аргамак, Кречет, Гунтер, Теремок (Россия) и источников, выделенных в коллекционном питомнике Pellervo (Финляндия), Сибирский кормовой (Россия) и др. (табл. 3). В скрещиваниях использовали голозерные сортообразцы Вандровник, Бег 3, Sollust и др.

В настоящее время перспективны для передачи в Государственное испытание сорта, при создании которых использовали генофонд ВИРа. Наибольший интерес представляют линии И-3625 и 141h04, полученные с использованием образцов Lorenz (Канада), Charlotta

(Франция), Freija (Швеция) и Улов (Россия). Сорта И-3557, И-3778, 177h04 имеют крупное качественное зерно, слабую чувствительность к продолжительности светового дня, устойчивость к биотическим стрессовым факторам. Данные качества они получили от пленчатых сортообразцов посевного овса – Кировский (Россия), IL 85-2069 и Putnam 71 (США), Rodney E (Канада), AC 805 и Siegfried (Германия), овса византийского Dolphine (Австрия), голозерных форм – SO-4 (Россия) и Manu (Италия). На 0,5 – 0,8 т/га превосходят овес Вятский перспективные голозерные сорта 391h02, 86h04, 509h02, созданные многократным отбором по урожайности, крупности и голозерности зерна, устойчивости к полеганию. В качестве источников использовали голозерные АО 503 (Россия), Torch (Канада), Mernime (США) и пленчатые формы Petra (Финляндия), Улов (Россия).

Таблица 3. Некоторые сортообразцы овса, привлекаемые в скрещивания

Годы	Тип овса	Сортообразцы
1999–2001	Пленчатый	Rodney E, Dolphin, IL 86-5698, Dwarf OT-184
	Голозерный	Adam,SO-4, Manu, Mernime, Lotta A
2002–2004	Пленчатый	Alma IR, Barys, Suomi, APR-166, Edit, Petkus
	Голозерный	Mozart, Adam, Torch
2005–2007	Пленчатый	Liva, Expander, Дамсинский кормовой, Сибирский кормовой, Pellervo, Nigrita
	Голозерный	Бег 3, Вандровник, Sollust, Nava, BAI – 3, BAI – 2004-2
2008–2009	Пленчатый	Урал, Конкур, Укосный 550, Кировец, Trelle Dwarf, Alf, Riel, Azur
	Голозерный	Абель, Пушкинский, Вандровник, James, BAI 2004-1

За последние годы в районирование по Волго-Вятскому региону вошли новые высокопродуктивные, с комплексом положительных качеств сорта озимой пшеницы. С 2004 г. допущена в производство озимая мягкая пшеница селекции Татарского НИИСХ Казанская 560 – индивидуальный отбор из сорта Мешенская (Россия). Толерантный к поражению снежной плесенью и склеротинией сорт Московская 56 (с 2009 г.) создан в НИИСХ ЦРНЗ, с привлечением в скрещивания сортов Мироновская полуинтенсивная (Украина), Инна и Московская 39 (Россия).

В селекции яровой пшеницы Симбирцит (Ульяновский НИИСХ) использовали отечественные сортообразцы – Крестьянка, Ишеевская, Л-503, пшеницы Свеча (НИИСХ Северо-Востока), материал из Норвегии (сорт Батиан) и России (сорт Энита). Сортообразцы ВИРа Hja 21677 (Финляндия), Лютесценс 1085 и Волжанка (Россия) легли в основу нового сорта яровой мягкой пшеницы Экада, созданного учеными Башкирского, Пензенского, Самарского и Ульяновского НИИСХ.

Ячмень Новичок (НИИСХ Северо-Востока) получен методом индивидуального отбора из сложной гибридной популяции:

Новичок
F_2 ↑
Адам × Дуэт
F_2 ↑ F_1 ↑
Винер × Биргитта (Эффенди × Луч) + *H. bulbosum*

Сорт толерантен к эдафическому стрессу, имеет практическую устойчивость к пыльной головне. Возделывание сорта Новичок на кислых низкоплодородных почвах обеспечило получение в сельхозпредприятиях Малмыжского района Кировской обл. 2,2–2,5 т/га зерна, при урожайности других возделываемых сортов от 1,4 до 1,8 т/га.

Заключение

Селекция не только наиболее эффективное средство повышения величины и качества урожая, но в сочетании с селекцией на устойчивость к заболеваниям она является фактором обеспечения экологической безопасности и надежности функционирования окружающей

среды, в первую очередь агроэкосистем. Основой успешной селекции следует считать рациональное использование мирового генетического разнообразия растений, сосредоточенного в коллекции Всероссийского института растениеводства им. Н. И. Вавилова. При этом «… важно не количество имеющихся образцов, а их качество, то есть наличие селекционно-значимых доноров или источников и полной информации о методах их использования» [6].

Литература

1. *Бороевич С.* Принципы и методы селекции растений. М.: Колос, 1984. 344 с.
2. *Вавилов Н. И.* Научные основы селекции пшеницы. М.-Л., 1935. 245 с.
3. *Жученко А. А.* Фундаментальные и прикладные научные приоритеты адаптивной интенсификации растениеводства в XXI в. Саратов, 2000.
4. *Жученко А. А.* Ресурсный потенциал производства зерна в России (теория и практика). М.: ООО "Изд-во Агрорус", 2004. 1109 с.
5. *Неттевич Э. Д.* Технология возделывания ячменя на пивоваренные цели // Рекомендации. М.: Россельхозиздат, 1997. 40 с.
6. *Неттевич Э. Д.* Потенциал урожайности рекомендованных для возделывания в центральном регионе РФ сортов яровой пшеницы и ячменя и его реализация в условиях производства // Докл. РАСХН, 2001. № 3.

ПРОДУКТИВНОСТЬ ОБРАЗЦОВ *PHALAROIDES ARUNDINACEA* L. В УСЛОВИЯХ СЕВЕРА

Р. А. Беляева, В. Е. Рубцова

Государственное научное учреждение «Научно-исследовательский и проектно-технологический институт агропромышленного комплекса Республики Коми» Российской академии сельскохозяйственных наук, г. Сыктывкар, Россия, e-mail: nipti@bk.ru

Резюме

В 2006 – 2008 гг. проводили комплексную оценку 18 образцов двукисточника тростниковидного из мировой коллекции ВИР.

В результате исследований по хозяйственноценным признакам выделили пять перспективных образцов: из Республики Коми (Местный, к-44027, к-42788), Казахстана (к-36921), Карелии (к-47331). Перспективные образцы будут использованы в дальнейшей селекционной работе.

PRODUCTIVITY OF *PHALAROIDES ARUNDINACEA* L. SPECIMENS IN THE NORTH

R. A. Belyaeva, V. E. Rubtsova

State Science Institution “Research and Production Engineering Institute of Agro-Industrial Complex of Komi Republic” of the Russian Academy of Agriculture, Syktyvkar, Russia, e-mail: nipti@bk.ru

Abstract

In the years of 2006-2008, 18 specimens of *Phalaroides abundinacea* L. taken from the world collection (All-Russian Institute of Plant Cultivation) underwent complex assessment.

5 promising species have been finally isolated by economically valuable criteria from Komi Republic (local specimen, k-44027, k-42788), Kazakhstan (k-36921), and Karelia (k-47331). Promising specimens will be used for the purposes of selection.

Двукисточник тростниковидный (*Phalaroides arundinacea* L.) – ценная кормовая культура для условий Севера, произрастает в основном на пойменных лугах, рыхлых минеральных почвах с близким стоянием грунтовых вод. В Республике Коми имеются большие площади

пойменных лугов, осушенных торфяников, переувлажненных земель на которых двукисточник формирует высокую продуктивность в отличие от других видов трав [1, 2].

Продуктивность кормовых культур складывается из многих хозяйственноценных признаков, наиболее важные из них – кустистость, в том числе репродуктивная, вегетативная масса, облиственность, длина соцветий, число выполненных семян в соцветии, их масса, абсолютная масса 1000 семян.

В 2006 – 2008 гг. проводили комплексную оценку образцов двукисточника из мирового генофонда ВИР разного эколого-географического происхождения в целях создания адаптивного исходного материала.

Методика

Исследования проводили на экспериментальном участке ГУП ОПХ «Северное» НИПТИ АПК РК на легкосуглинистой минеральной почве: pHсол. – 6,0, содержание подвижного фосфора и калия высокое, гумуса – 4,0%. Образцы двукисточника получили из мировой коллекции ВИР, в основном дикорастущие формы, в том числе четыре из природной флоры Республики Коми.

В качестве стандарта использовали районированный сорт двукисточника Первенец.

Коллекционный питомник был заложен рассадой по схеме посадки 70 × 50 см, площадь делянки 10 м^2, в трехкратной повторности. Наблюдения и учеты проводили по методике ВИР (1981). Статистическую обработку данных проводили по Б. А. Доспехову [3].

Развитие растений в год посадки проходило при достаточно благоприятных погодных условиях, что способствовало хорошему кущению и росту побегов. В 2007 и 2008 гг. сумма температур за период вегетации оказалась практически одинаковой и равнялась средней многолетней, осадков выпало больше в 2007 г. (148% к норме), гидротермический коэффициент по годам составил соответственно 1,98 и 1,30.

Результаты

В первый год жизни рост и развитие растений проходили удовлетворительно. Фаза кущения наступила через 25 – 30 дней после высадки рассады; перед уходом в зиму растения находились в фазе выхода в трубку. Число побегов на растении колебалось от 31 до 61, коэффициент вариации составил 64,0%. По этому признаку 15 образцов превышали стандарт на 61,2 – 90,4%.

Наиболее высокорослые побеги (60,9 – 68,0 см) имели образцы из Коми (к-45622, к-44027, Местный), Вологды (к-48960), Сахалина (к-47742), Канады (к-35670), Германии (к-39936), Карелии (к-47331), отличавшиеся и более крупными размерами листьев.

Растения сорта Первенец (стандарт), в отличие от дикорастущих образцов, были более развитые, высотой 63,9 см, с крупными листьями.

По сухой массе 9 образцов превышали стандарт в пределах 60,0 – 85,7%, причем наиболее высокий урожай сформировали дикорастущие формы из Коми, очевидно, за счет более высокой приспособленности к условиям Севера.

В 2007 и 2008 гг. начало отрастания отмечено в I декаде мая, однако интенсивный рост растений в 2007 г. начался во II декаде мая, а в 2008 г. – во II декаде июня, когда произошел переход среднесуточной температуры через + 10^{0}С.

Перезимовка образцов оценена в 4 – 5 баллов. В годы изучения период начало отрастания – колошение продлился 44 – 45 дней из-за похолодания в июне. Весенние заморозки (9 июня 2007 г.) вызвали повреждение верхушек листьев двукисточника на всех образцах.

На второй год жизни (2007 г.) отмечено очень интенсивное кущение, число побегов по образцам увеличилось в 1,8 – 3,5 раза, стандарта – в 3,2 раза. Лучшее кущение отмечено у образцов из Коми (к-45622), Омска (к-42770), Новосибирска (к-39935), Архангельска (к-46100), Карелии (к-47331). Следует отметить, что дикорастущие образцы из Коми по этому признаку были равноценны стандартному сорту (табл. 1).

На третий год кущение отличалось меньшей интенсивностью, очевидно, из-за похолодания в июне. Однако образцы из Казахстана (к-36921), Коми (к-45622, 44027), Канады (к-48965), Германии (к-39936) и Красноярска (к-49787) имели коэффициент кущения 1,8 – 2,4, равный предыдущему году, что свидетельствует о равномерном кущении, – обусловливающем формирование стабильной вегетативной массы по годам.

По данным учета сухой массы, образцы в основном были на уровне стандарта или уступали ему. В среднем за два года пять образцов оказались равноценны стандарту, и только образцы из Коми и Красноярского края имели существенно большую сухую массу. Урожайность в основном коррелировала с числом побегов на растении:r = 0,88. Наибольшую облиственность в годы исследований имели образцы из Казахстана (к-36921), Коми (к-45622, 44027), Вологды (к-48960), Литвы (к-48959), Архангельска (к-46100), Карелии (к-47331) и сорт Первенец (к-36034).

Таблица 1. Результаты оценки образцов двукисточника тростниковидного за 2007 – 2008 гг.

№ по каталогу ВИР	Происхождение	Число побегов, шт.			Урожай сухой массы, г/раст.		агал зяйствен-ная оценка
		2006 г.	2007 г.	2008 г.	2007 г.	2008 г.	
36034	Первенец st	31	100	158	280	342	4
36921	Казахстан	42	99	233	280	364	4
45622	Респ. Коми	61	140	164	240	315	4
Св. ур.	"	55	98	182	310	337	5
48960	Вологда	55	112	157	230	297	5
47742	Сахалин	60	115	163	220	329	5
35670	Канада	45	98	141	130	246	4
44027	Респ. Коми	55	98	182	270	251	5
49783	Вологда	37	111	228	150	305	4
42771	Омская обл.	47	127	229	160	348	4
42788	Респ. Коми	52	114	241	180	403	5
39935	Новосибирск	45	134	173	150	266	4
48959	Литва	47	109	145	130	321	4
48965	Канада	40	85	204	145	418	4
46100	Архангельск	50	130	1149	240	253	4
39936	Германия	50	81	161	140	287	5
49787	Красноярск	53	113	315	200	502	5
47331	Карелия	50	175	343	160	660	4
	$НСР_{05}$				11,0	51,4	

Стабильный урожай сухой массы по годам накапливали образцы из Коми и Архангельской области, их можно отнести к экологически пластичным формам.

Основным критерием оценки образцов многолетних трав в условиях Севера является урожай семян, зависящий от погодных условий, числа репродуктивных побегов, числа выполненных семян в соцветии, массы 1000 семян. Результаты учета семян показали большие колебания.

Коэффициент вариации в 2007 г. составил в 59,8, в 2008 г. – 50,0. Масса семян с 1 растения в основном зависела от числа генеративных побегов (r = 0,95 – 0,78).

В 2007 г. урожай получили очень низкий, из-за сильных ливневых дождей в период уборки семена осыпались. Тем не менее, урожай семян существенно выше стандарта дали образцы из Коми (Местный, к-44027, 44788) и из Канады (к-48965), 10 были равноценны стандарту, а 4 уступали ему (табл. 2).

Таблица 2. Семенная продуктивность образцов двукисточника тростниковидного

№ по каталогу ВИР	Происхождение	Число, шт. генеративных побегов	Выполненных семян в соцветии, шт.		Абсолютная масса 1000 семян, г		Урожай семян, г/раст.	
			2007 г.	2008 г.	2007 г.	2008 г.	2007 г.	2008 г.
36034	Первенец st	153	142	61	1,7	1,1	1,6	11,2
36921	Казахстан	178	137	81	1,8	1,1	1,1	19,6
45622	Респ. Коми	132	125	50	1,7	1,2	1,6	12,0
Св. ур.	"	168	134	46	1,8	1,1	2,6	19,1
48960	Вологда	115	127	55	1,7	1,1	1,4	14,1
47742	Сахалин	145	116	56	1,7	1,2	1,2	10,3
35670	Канада	110	108	40	1,7	1,5	2,6	8,8
44027	Респ. Коми	158	151	47	1,8	1,0	2,6	16,9
49783	Вологда	150	142	87	1,7	0,9	1,9	13,0
42771	Омская обл.	174	127	60	1,3	0,8	1,3	10,3
42788	Респ. Коми	199	161	63	1,3	1,3	2,3	18,7
39935	Новосибирск	147	92	47	1,9	1,1	1,8	10,3
48959	Литва	120	98	40	1,3	1,5	1,4	13,2
48965	Канада	132	117	57	1,9	1,4	1,4	13,1
46100	Архангельск	108	150	41	1,3	1,7	1,2	12,3
39936	Германия	129	155	34	1,5	0,9	1,6	9,6
49787	Красноярск	238	121	37	1,6	1,6	1,7	8,4
47331	Карелия	284	105	69	1,9	1,0	2,0	16,9
	$НСР_{0,5}$						0,5	2,7

В 2008 г. семян получили на порядок выше за счет большего количества генеративных побегов на растении и более благоприятных погодных условий в период цветения и созревания семян (осадки выпадали 5 дней, среднесуточная температура превышала норму на 7°С). Массу семян с одного растения выше стандарта (11,2 г) дали образцы из Коми, Вологды, Казахстана, Карелии; 10 номеров были на уровне стандарта.

А элементы продуктивности соцветий, наоборот, оказались ниже чем в 2007 г. Число семян в соцветии уменьшилось в 2 – 3 раза, возможно, это последействие влияния низких температур в мае и июне на процессы онтогенеза, а также высокого температурного режима в период налива и созревания семян. Семена сформировались также мельче, абсолютной массой 0,8 – 1,5 г против 1,3 – 1,9 г в предыдущем году. Результаты анализа продуктивности соцветий ещё раз подтвердили тесную корреляцию урожая семян с числом генеративных побегов (r = 0,78).

Таблица 3. Продуктивность перспективных образцов двукисточника тростниковидного

№ п/п	№ по каталогу ВИР	Происхождение	Урожай, г./раст.		Зимостойкость, балл	Весеннее отрастание, балл	Коэффициент кущения по годам		Общехозяйственная оценка, балл	Облиственность в 2008 г., %
			сухой массы	семян			2007	2008		
St	36034	Первенец	311	6,4	4,5	5,0	2,3	1,6	5,0	23,3
3	Местн.	Коми	323	10,8	5,0	5,0	1,8	1,8	5,0	29,6
7	44027	"	260	9,7	5,0	5,0	1,8	1,8	5,0	32,5
11	42788	"	291	10,5	5,0	5,0	2,2	2,1	5,0	26,5
1	36921	Казахстан	322	10,3	5,0	5,0	2,3	2,3	5,0	28,4
18	47331	Карелия	410	9,4	5,0	5,0	3,5	1,9	5,0	31,0

В результате оценки образцов двукисточника тростниковидного по комплексу хозяйственноценных признаков нами выделены пять перспективных номеров, отличающихся высокой зимостойкостью, дружным весенним отрастанием, урожаем семян 9,4 – 10,8 г на растение, что выше стандарта на 46,9 – 68,7%; интенсивным и равномерным кущением по годам жизни; накоплением урожая сухой массы на уровне стандартного сорта и выше (табл. 3).

Пораженности растений болезнями в годы изучения не отмечено; наличие личинок колосковой мухи наблюдали на образце из Карелии (к-47331).

Заключение

По комплексу хозяйственноценных признаков нами выделены перспективные образцы двукисточника тростниковидного из Коми (Местный, к-44027, к-42788), Казахстана (к-36921), Карелии (к-47331), которые будут использованы в дальнейшей селекционной работе.

Литература

1. *Доспехов Б. А.* Методика опытного дела. М., 1981.
2. *Коюшев И. А., Гавринцева Н. Е.* Кормопроизводство в Коми АССР. Сыктывкар, 1980.
3. *Хантимер И. С.* Материалы к изучению поймы р. Печоры. // Луга Коми АССР.

МИРОВЫЕ ГЕНЕТИЧЕСКИЕ РЕСУРСЫ НУТА ДЛЯ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ В СЕЛЕКЦИИ

С. В. Булынцев[1], М. В. Гуркина[2], А. Ю. Некрасов[3]

[1]Государственный научный центр РФ Всероссийский научно-исследовательский институт растениеводства им. Н. И. Вавилова РАСХН, Санкт-Петербург, Россия, e-mail: s.bulyntsev@vir.nw.ru

[2]Астраханская опытная станция ВНИИ растениеводства им. Н. И. Вавилова, Астрахань, Россия

[3]Кубанская опытная станция ВНИИ растениеводства им. Н. И. Вавилова, Гулькевичи, Россия

Резюме

В статье представлены современные данные о количественном и видовом составе мировых коллекций нута, поддерживаемых в основных генетических банках мира. Обобщены сведения по изучению различных мировых коллекций с целью подбора исходного материала для селекции. Приведены материалы по изучению диких видов нута как новых источников ценных селекционных признаков.

GLOBAL GENETIC RESOURCES OF CHICKPEA FOR USE IN BREEDING

S. V. Bulyntsev[1], M. V. Gurkina[2], A. Yu. Nekrasov[3]

[1]State Scientific Centre N. I. Vavilov All-Russian Research Institute of Plant Industry of RAAS, St. Petersburg, Russia, e-mail: s.bulyntsev@vir.nw.ru

[2]Astrakhan experimental station of N. I. Vavilov All-Russian Research Institute of Plant Industry, Astrakhan, Russia

[3]Kuban experimental station of N. I. Vavilov All-Russian Research Institute of Plant Industry, Gulkevitchy, Russia

Abstract

In article the modern data on quantitative and species structure of chickpea world collections held in the basic genetic banks of the world are submitted. Data on evaluation various world collections are generalized with the purpose of selection of an initial material for breeding. Materials on evaluating of chickpea wild species as new sources of valuable selection traits are resulted.

Для России нут считается относительно новой зерновой бобовой культурой. В южных областях страны его впервые стали возделывать в конце XVIII века. В производстве нут получил распространение в начале 30-х годов прошлого века. Н. И. Вавилов, отмечая высокую засухоустойчивость культуры, устойчивость ко многим заболеваниям и вредителям, наносящим значительный ущерб другим зерновым бобовым культурам, а также его высокую потенциальную продуктивность, считал нут перспективной культурой, особенно для районов страны, отличающихся засушливым климатом. Из своих экспедиций по Средней и Юго-Западной Азии, странам Средиземноморья Н. И. Вавилов привез большое число образцов нута. В мировой коллекции ВИР первые сборы образцов нута датируются 1916 годом, они были собраны лично Н. И. Вавиловым и его соратниками.

По данным FAO, посевные площади нута в мире в 2007 г. насчитывали 11 млн 671 тыс. гектаров [6]. Основные мировые посевы нута сосредоточены в Индии, Пакистане, Турции, Австралии, Эфиопии, Канаде, Мексике и странах Средиземноморского бассейна.

В последние годы в России посевные площади под нутом неуклонно возрастают. Так, если в 2001 г. его высевали на площади около 25 тыс. га, то в 2008 г. более чем на 100 тыс. га. Все районированные в России сорта нута созданы с использованием коллекционных образцов ВИР в качестве исходного материала. В настоящее время, помимо создания высокопродуктивных, скороспелых сортов, к основному направлению селекции нута в нашей стране относится выведение устойчивых к аскохитозу (вызываемому *Ascochyta rabiei* [Pass.] Lab.) и фузариозному увяданию (вызываемому *Fusarium oxysporum* Schlecht. emend. Snyd. & Hans.) – доминирующим заболеваниям нута в России. Появилась необходимость создания сортов, толерантных к минирующей мухе (*Liriomyza cicerina* (Rondani)). На зерновом рынке стали пользоваться спросом крупносемянные сорта нута с высоким прикреплением нижнего боба и компактной формой куста. Эти признаки характеризуют сорта по пригодности к механизированному возделыванию.

Род *Cicer* L. относится к семейству *Leguminosae* Juss., подсемейству *Papilionaceae* Giscke., трибе *Cicereae* Alef. [7]. Род включает 43 вида: 9 однолетних и 34 многолетних; на основе морфологических признаков и жизненного цикла виды сгруппированы в четыре секции: *Monocicer* M.Pop., *Chamaecicer* M.Pop., *Polycicer* M.Pop. и *Acanthocicer* M.Pop. [13]. В культуре возделывается только один вид нута – *Cicer arietinum* L.

Мировые ресурсы нута, сосредоточенные в коллекции ВИР и в других крупнейших мировых генетических банках растений, являются исходным материалом – материальной базой для создания новых сортов, отвечающих запросам современной селекции.

Наибольшее число образцов сосредоточено в генбанке ICRISAT (International Crops Research Institute for the Semi-Arid Tropics), Индия. Здесь сохраняется и изучается 17258 образцов из 43 стран, 17123 из них относятся к культурному виду (*C. arietinum*), 135 образцов – представители 18 диких видов рода *Cicer* [12]. Второй генбанк по количеству поддерживаемых образцов нута – ICARDA (International Centre for Agriculture Research in the Dry Areas). В ICARDA (Сирия) коллекция нута насчитывает 12448 образцов культурного вида и сосредоточена самая большая коллекция 10 диких видов рода *Cicer* – 268 образцов из 60 стран мира. Другими значимыми генетическими коллекциями нута считаются SPII (Seed and Plant Improvement Institute), Иран (4925 образцов); USDA (United States Department of Agriculture's), WRPIS (Western Regional Plant Introduction Station), США (4662); CLIMA (Centre for Legumes in Mediterranean Agriculture), Australia (4351); NBPGR (the National Bureau of Plant Genetic Resources), Индия (3830) [8].

Мировая коллекция нута ВИР – одна из старейших и по сравнению с коллекциями других стран наиболее широко отображает ареал распространения культуры, включая образцы, собранные в 71 стране мира. Ценность коллекции и в том, что значительная ее часть – это местные образцы, собранные в начале XX века в районах, относящихся к первичному Центру происхождения культуры. Большее число образцов в коллекциях ICRISAT и ICARDA, по сравнению с коллекцией нута ВИР, объясняется тем, что в состав их коллекций включены и многочисленные селекционные линии.

Мобилизация, сохранение и всестороннее изучение растительных ресурсов для их использования в селекции представляют собой общие задачи для всех мировых генетических банков. В результате многолетнего изучения коллекционных образцов нута в ICRISAT, ICARDA и в ВИРе получены ценные данные, характеризующие образцы как исходный материал для селекции на улучшение агрономических и биологических признаков существующего сортимента, а также на устойчивость к биотическим и абиотическим факторам среды.

В течение вегетационного периода 1987 – 1988 гг. в ICARDA было проведено изучение 6467 коллекционных образцов нута по 24 признакам, разделенным на две группы: морфо-агрономические и биотические, а также абиотические стрессы [9].

В ICRISAT с 1970 г. создавалась core коллекция, насчитывающая в настоящее время 1956 образцов нута. Она изучена по 7 морфологическим и 15 агрономическим признакам [11].

В ВИРе коллекция нута изучается в различных почвенно-климатических условиях, по мере поступления новых образцов, начиная с 1916 г. В результате многолетнего изучения более чем 2000 образцов нута по морфологическим, агрономическим и биологическим признакам, в том числе по устойчивости к основным заболеваниям, выделены источники ценных хозяйственно-полезных признаков [1–5].

В табл. 1 представлены сведения по количеству наиболее значимых для селекции источников ценных селекционных признаков, выделенных по результатам изучения коллекционных образцов нута в основных мировых коллекциях – ICRISAT, ICARDA и ВИР.

Таблица 1. Характеристика мировых коллекций нута ICRISAT, ICARDA и ВИРа по выделенным источникам ценных селекционных признаков

Признак и латинское название возбудителя заболевания или вредителя	Число образцов		
	ICRISAT	ICARDA	ВИР
Устойчивость к аскохитозу *Ascochyta rabiei* (Pass.) Labr.	13	67	49
Устойчивость к черной корневой гнили *Fusarium solani* (Mart.) Sacc.	8	–*	–
Устойчивость к ботритиозу (серая плесень) *Botrytis cinerea* Pers. ex Fr.	8	–	–
Устойчивость к корневой гнили *Sclerotium rolfsii* Sacc.	9	–	–
Устойчивость к сухой корневой гнили *Rhizoctonia bataticola* (Taub.) Butler	6	–	–
Устойчивость к фузариозному увяданию *Fusarium oxysporum* Schlecht. emend. Snyd.& Hans. f. sp. *ciceri* (Padwick) Snyd.& Hans.	50	30	64
Карликовость нута (вирусное заболевание) *Luteovirus*	8	–	–
Устойчивость к хлопковой совке *Helicoverpa armigera* (Hubner)	16	–	–
Устойчивость к минирующей мухе *Liriomyza cicerina* (Rondani)	5	9	–
Устойчивость к нематоде *Heterodera ciceri* Vovlas, Greco and Di Vito	8	–	–
Устойчивость к холоду	12	20	–
Жаростойкость	4	–	–
Засухоустойчивость	10	–	26
Солестойкость	4	–	80
Скороспелость	25	112	113
Многосемянность бобов	7	–	–
Крупность семян	18	311	233
Два боба на цветоножке	8	–	–

Признак и латинское название возбудителя заболевания или вредителя	Число образцов		
	ICRISAT	ICARDA	ВИР
Высокое содержание белка в семенах	10	141	42
Высокая семенная продуктивность	–	100	86
Высокое прикрепление нижнего боба	–	–	112
Форма куста (компактная и раскидистая вверху)	–	134	84

*нет данных или изучение по этому признаку не проводилось.

Дикие виды нута представляют новый источник генов устойчивости к большинству биотических и абиотических стрессов. В научной литературе к настоящему времени появилось много сведений об использовании диких видов нута для улучшения существующего сортимента культуры. В 1997 г. в ICARDA на базе коллекции диких видов исследовали устойчивость различных образцов диких видов к биотическим и абиотическим факторам среды [10]. Было изучено 228 образцов 8 однолетних диких рода *Cicer*: *C. bijugum* K. H. Rech., *C. chorassanicum* (Bge) M. Pop., *C. cuneatum* Hochst. ex Rich, *C. echinospermum* P. H. Davis, *C. judaicum* Boiss., *C. pinnatiffidum* Jaub. & Sp., *C. reticulatum* Lad. и *C. yamashitae* Kitamur. Коллекционные образцы диких видов нута были собраны в разных регионах мира. Два вида, *C. reticulatum* и *C. echinospermum*, – ближайшие родственники культурного вида *C. arietinum*, являются эндемиками восточной Турции и северного Ирака. Остальные шесть видов имеют ареал произрастания от Марокко до Пакистана и от Турции до Эфиопии.

Таблица 2. Образцы однолетних диких видов нута, выделившиеся по устойчивости к биотическим и абиотическим факторам среды

Стресс (название русское и английское)	Полное название патогена или вредителя	Источники устойчивости (название вида, номера коллекционных образцов по каталогу ICARDA)
Аскохитоз (*Ascochyta* blight)	*Ascochyta rabiei* (Pass.) Lab.	*C. bijugum*: ILWC- 69, 70, 73, *C. echinospermum*: ILWC - 245 *C. judaicum*: ILWC- 158, 161, 163, 255,256 *C. pinnatifidum*: ILWC -160, 250,251 *C. reticulatum*: ILWC- 113
Фузариоз (*Fusarium* wilt)	*Fusarium oxysporum* Schlecht. emend. Snyd.& Hans. f. sp. *ciceri* (Padwick) Snyd.& Hans.	*C. bijugum*:ILWC -20, 32, 62, 65, 72, 73, 74, 75, 76, 79, 83 *C. echinospermum*: ILWC- 4,39,179 *C. judaicum*: ILWC -46,57,94, 189 *C. pinnatifidum*: ILWC- 6, 144, 149, 171, 251 *C. reticulatum*: ILWC - 112, 117, 123, 139, 141, 183
Минирующая муха (*Leaf miner*)	*Liriomyza cicerina* (Rondani)	*C. bijugum*: ILWC- 66, 72, *C. chorassanicum*: ILWC- 147 *C. cuneatum*: ILWC- 187, 232 *C. echinospermum*: ILWC- 245 *C. judaicum*: ILWC- 46, 56, 57, 58, 95, 103, 165, 175, 176, 186, 189, 192, 196, 255, 256 *C. pinnatifidum*: ILWC- 250 *C. reticulatum*: ILWC- 3 *C. yamashitae*: ILWC- 55
Зерновка (*Seed beetle*)	*Callosobruchus chinensis* (L.)	*C. bijugum*:ILWC -65,67,68,70,73,74,75,83,177 *C. cuneatum*: ILWC- 187 *C. echinospermum*: ILWC- 39,179,181 *C. judaicum*: ILWC- 46, 54, 173, 174, 176, 189 *C. reticulatum*: ILWC- 104

Нематода (Cyst nematode)	*Heterodera ciceri* Vovlas, Greco et Di Vito	*C. bijugum*:ILWC- 62, 63, 64, 65, 67,68, 70, 71, 73, 75, 76, 77 *C. pinnatifidum*: ILWC 212, 213, 226, 236, 250 *C. reticulatum*: ILWC- 81. 119, 140, 141
Воздействие пониженных температур (Cold tolerance)		*C. bijugum*: ILWC 32, 62, 63, 64, 65, 67, 68, 69, 70, 71, 73, 80, 84,194,195
Засухоустойчивость (Drought tolerance)		*C. reticulatum*: ILWC 122, 127, 142

Если среди образцов культурного вида нута *C. arietinum* найдены источники устойчивости к одному или двум стрессам, то среди изученных образцов диких видов обнаружены образцы, устойчивые к трем и более стрессам. Только среди образцов диких видов выделены источники устойчивости к зерновке и цистообразующей нематоде. Почти все обнаруженные источники отличались более высоким уровнем устойчивости к стрессам по сравнению с образцами культурного вида нута (табл. 2).

Наибольшее количество источников устойчивости и высокий уровень устойчивости к стрессам обнаружены среди *C. bijugum*, за ним следуют виды *C. judaicum, C. reticulatum* и *C. pinnatifidum.* Следует отметить, что в настоящее время интерес для селекции представляют образцы нута, относящиеся к видам *C. reticulatum* и *C. echinospermum*. Так, уже получены гибриды от скрещиваний этих видов с культурным нутом *C. arietinum.*

В результате сотрудничества между ICARDA и ВНИИР им. Н. И. Вавилова в коллекцию ВИР интродуцированы 35 образцов диких видов нута различного географического происхождения – новые источники устойчивости к основным биотическим и абиотическим факторам среды. Среди них: 3 образца *C. bijugum,* 1 – *C. cuneatum,* 1 – *C. echinospermum,* 16 – *C. judaicum*, 6 – *C. pinnatifidum*, 5 – *C. reticulatum,* 3 – *C. yamashitae.*

В 2009 г. образцы диких видов нута высеяны на полях Кубанской и Астраханской станций ВИР с целью размножения и изучения в полевых условиях.

Литература

1. *Булынцев С. В.* и др. Нут (устойчивость к аскохитозу) // Каталог мировой коллекции ВИР. СПб., 1999. Вып. 697. 26 с.
1. *Булынцев С. В.* и др. Нут // Каталог мировой коллекции ВИР. СПб., 2009. Вып. 792. 64 с.
2. *Голубев А. А., Булынцев С. В.* и др. Нут (Устойчивость образцов к аскохитозу) // Каталог мировой коллекции ВИР. Л.: ВИР, 1988. Вып. 456. 28 с.
3. *Павлова А. М.* Нут // Каталог мировой коллекции ВИР. Л.: ВИР, 1971. Вып.74. 53 с.
4. *Чернышева С. В.* и др. Нут (Характеристика засухоустойчивости и солестойкости образцов на проростках) // Каталог мировой коллекции ВИР. Л.: ВИР, 1988. Вып. 466. 29 с.
5. FAO (2007) FAOSTAT Database faostat. Fao.org/.
6. *Kupicha, F. K.* Cicereae Alefeld. // In: Polhill R. M. & Raven P. H. (Eds.). Advances in Legume Systematics. Part 1. Royal Botanic Garden. UK, Kew. 382 p.
7. *Redden R. J., Furman B. J., Upadhyaya H. D., Pundir R. P. S., Gowda C. L. L., Coyne C. J., Enneking D.* Biodiversity Management in Chickpea // In: Yadav S. S. et al. Chickpea Breeding & Management UK by Cromwell Press. Trowbridge, 2006. P. 355–416.
8. *Singh K. B., Holly L., Bëjiga G.* A catalog of kabuli chickpea germplasm // ICARDA, Aleppo, Syria, 1991. 398 p.
9. *Singh K. B., Ocampo B., Robertson L. D.* Diversity for abiotic and biotic stress resistance in the wild annual *Cicer* species // Genetic Resources and Crop Evolution. 1998. V. 45. P. 9–17.
10. *Upadhyaya H. D., Ortiz R., Bramel P. J., Sube Singh.* Phenotypic diversity for morphological and agronomic characteristics in chickpea core collection. Euphytica. 2002. V. 123. P. 333–342.
11. *Upadhyaya H. D.* Geographical patterns of variation for morphological and agronomic characteristics in the chickpea germplasm collection // Euphytica. 2003. V. 132. P. 343–352.
12. *Maesen L. J. G. van der Cicer* L. A monograph of genus, with special reference to the chickpea (*Cicer arietinum* L.), its ecology and cultivation // Mededelingen Landbouwhogeschool. Wageningen, 1972. P. 10–72.

ГЕНОТИПИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ КОЛЛЕКЦИЙ ОВОЩНЫХ И БАХЧЕВЫХ КУЛЬТУР

В. И. Буренин, А. М. Артемьева, И. А. Храпалова, Т. М. Пискунова, Т. Н. Кожанова, Т. В. Хмелинская

Государственный научный центр РФ Всероссийский научно-исследовательский институт растениеводства им. Н. И. Вавилова РАСХН, Санкт-Петербург, Россия, e-mail: v.burenun@vir.nw.ru

Резюме

В статье приведены важнейшие генотипические характеристики коллекционных образцов основных овощных культур в связи с задачами селекции. По 10 культурам установлено 648 генов, контролирующих морфологические признаки и генеративные признаки.

GENOTYPIC CHARACTERISTICS OF VEGETABLE AND CUCURBIT CROPS COLLECTIONS

V. I. Burenin, A. M. Artemyeva, I. A. Khrapalova, T. M. Piskunova, T. N. Kozhanova, T. V. Khmelinskaya

State Scientific Centre N. I. Vavilov All-Russian Research Institute of Plant Industry of RAAS, St. Petersburg, Russia, e-mail: v.burenun@vir.nw.ru

Abstract

In article the major genotype characteristics of collection accession of the basic vegetable crops are resulted in connection with problems of the breeding. 648 genes controlled morphological and generative characters is determined on 10 crops.

Генетическое разнообразие овощных и бахчевых культур, сосредоточенное в мировой коллекции ВИР, включает: селекционные сорта – 48%, местные формы – 34%, дикорастущие виды – 5%, идентифицированные источники – 2,5% и гибриды – 10,5%. Наиболее крупные коллекции представлены бахчевыми культурами (21%), столовыми корнеплодами (18%) и томатом (15,5%).

По уровню изученности коллекционного материала овощные и бахчевые культуры значительно различаются. Это связано в первую очередь с распространенностью и востребованностью той или иной культуры, а также их биологическими особенностями. Из имеющихся в коллекции 49 тыс. образцов 86% – перекрестноопыляемые, в том числе 25% – двулетники и 20% – многолетники. По длительности сохранения семян в живом виде также имеются различия: 25% – микробиотики, 55% – мезобиотики и только 20% – макробиотики. Все это осложняет генетическое изучение и использование коллекций овощных и бахчевых культур. Вместе с тем анализ показывает, что по 10 культурам установлено 648 генов, контролирующих: тип развития (112 генов), форму и окраску листьев и плодов (359 генов), химический состав (28) и генеративную сферу (92 гена). С использованием этих знаний идентифицировано 1275 коллекционных образцов, в том числе: 500 образцов томата, 259 – огурца, 193 – свеклы, 111 – дыни, 102 – салата. Углубленное изучение генофонда позволило создать 72 донора, в том числе: по арбузу – 32, огурцу – 16, дыне – 9, свекле – 6 [1, 2].

Ниже приведены генотипические характеристики коллекционных образцов основных овощных и бахчевых культур в связи с задачами селекции.

Капуста. В генетическую коллекцию капусты огородной *Brassica oleracea* L. включены образцы с идентифицированными генами по следующим признакам: высоте растения (гены *T, dwfl*) – 9, окраске растения (*a*) – 4, окраске листовой пластинки (*pg*) – 3, опушенности (*Hr-2*) – 3, форме листа (A_S) – 5, окраске головки цветной капусты (*Or*) – 2, самонесовместимости (*S*) – 4, устойчивости к фузариозному увяданию (*YR*) – 5, устойчивости к киле (*Pb1, Pb2, Pb3*) – 2, устойчивости к сосудистому бактериозу (гены *R1, r5, Rb*) – 2.

В настоящее время интерес для селекции представляют сорта/гибриды кочанной капусты с мелкой листовой розеткой, пригодные для загущенного выращивания, формирующие некрупный порционный кочан высокого качества. В качестве исходного материала могут быть использованы скороспелые мутантные карликовые формы белокочанной капусты из Канады, несущие ген *dwfl*: Little Leaguer (к-2427) и Pee Wee (к-2428) с компактной розеткой диаметром до 30 см, округлым плотным кочаном массой 400 – 600 г.

Полезные питательные свойства пищи становятся в современных условиях одним из наиболее важных факторов при выборе продуктов питания. В коллекции цветной капусты ВИР находятся формы с оранжевой окраской головки, контролируемой геном *Or*: Orange Bouquet (вр.к-880) и Cashmere (вр.к-914) из Японии, Orange Curd (вр.к-973) из Нидерландов, с фиолетовой окраской головки Graffiti (вр.к-974) из Нидерландов. Образцы среднеспелые (период вегетации 120–125 дней), с массой головки 1,5–1,8 кг; головка округлая, очень плотная, слабо бугристая, светло-оранжевой окраски; отличаются высоким содержанием каротиноидов и каротинов, в том числе β-каротина – провитамина А. Повышенным содержанием аскорбиновой кислоты и хлорофиллов выделяются образцы цветной капусты с зеленой окраской головки: Limelight (к-287, Великобритания), Vitaverde F_1 (вр.к-934), Primaverde F_1 (вр.к-937), Monteverde (вр.к-989) из Нидерландов.

Важнейшим направлением работы с коллекцией капусты является изучение устойчивости к многочисленным болезням и вредителям. В коллекции находятся доноры устойчивости к самым вредоносным болезням рода *Brassica* – киле и сосудистому бактериозу, источники устойчивости к пероноспорозу, альтернариозу, микосферелле. Так, устойчивость к фузариозному увяданию, контролируемую геном *YR*, несут сорта белокочанной капусты: Marion Market Yellow Resistant (к-1888, США), Marion Market Yellow Resistant (к-2105, Канада), Globe YR (к-1644, США), Badger Shipper (к-2254, США), Волгоградская 42 (к-1967, Россия). Эти сорта отличаются высокой продуктивностью и жаростойкостью.

Самая вредоносная болезнь капустных культур – сосудистый бактериоз. Устойчивость капустных растений к патогену обнаруживается в двух местах: в мезофилле (листовая устойчивость), окружающем гидатоды, и в сосудах ксилемы (стеблевая устойчивость). Листовая устойчивость определяется несколькими специфичными генами и проявляется в виде ответной реакции сверхчувствительности растений на проникновение фитопатогена в мезофилл листа.

При стеблевом типе устойчивости распространение бактерий полностью блокируется в сосудах стебля, несмотря на восприимчивость листьев. Стеблевая устойчивость определяется одним или двумя неспецифичными доминантными генами (*Rs*), независимыми от расово-специфичной листовой устойчивости. Устойчивостью к сосудистому бактериозу, детерминированной действием генов *R1, r5*, обладает сорт белокочанной капусты Fusi Wase (к-2331, Япония), брокколи Marathon (вр. к-299, Япония), а также образцы белоцветковой *B.oleracea* var. *alboglabra* из Японии и португальской var. *costata*. Ген *Rb* несет новый синтетический вид *B.composita* (к-4, Россия).

В результате иммунологической оценки стержневой коллекции листовых капустных культур вида *B. rapa* L. на устойчивость ко всем шести известным расам сосудистого бактериоза *Xanthomonas campestris* (Pammel) Dowson выделены устойчивые образцы китайской и розеточной капусты из Китая: Та-гу-цай (к-129) и Местный (к-108). Их донорские свойства проверяются в ходе оценки гибридов F1 и F_2, созданных с их участием.

Кила, вызываемая облигатным паразитом *Plasmodiophora brassicae* Woron., – одно из самых вредоносных заболеваний капустных культур. Многочисленными исследованиями представителей видов *B. oleracea* и *B. rapa* установлена широкая вариабельность по степени поражения килой. Определено, что устойчивость к киле может контролироваться олигогенами или полигенами. В коллекции капусты ВИР генетической устойчивостью к киле обладает образец листовой капусты МСК-2 (вр.к-257, Россия), несущий гены pb_1, pb_2;

образец *B. composita* (к-4, Россия), гены *Pb1, Pb2, Pb3;* межродовой гибрид *Raphanobrassica* (вр.к-181, Великобритания), гены *Pb1, Pb2*.

Томат. В настоящее время генетическая коллекция рода *Lycopersicon* (Tourn.) Mill. в ВИРе насчитывает 502 образца с 123 идентифицированными генами. Это мутантные формы, линии томата, полиплоиды, анеуплоиды из различных стран мира, а также селекционных центров.

Большинство мутантных форм и образцов с идентифицированными генами относятся к виду *L. esculentum* Mill. Мутантные формы, полученные под воздействием облучения и химических мутагенов, зачастую представляют собой уродства, они трудновоспроизводимы и часто летальны. К ним относятся хлорофильные мутанты, некоторые формы со стерильностью разного типа и отдельные карликовые формы. Вместе с тем, мутанты томата можно оценить как высокоценные в хозяйственном отношении; так, многие образцы генетической коллекции томата имеют несколько маркерных признаков.

В генетической коллекции ВИР представлены образцы, имеющие различный тип роста – *sp* или *sp+*; гены, характеризующие различие форм по признакам габитуса растения томата – *d, w, w4, flc, mps;* с наличием и отсутствием антоциана – *a, aa, afl, ah, aw.* Наши исследования образцов генетической коллекции томата подтверждают данные авторов мутантных форм, идентифицирующих их по следующим признакам: окраске и различным типом деформации листа – *yg, m, marm*, *marm*^{2}, а также *marm*^{3}, *ics, not, l, e, c, ru, tf oli, p, rf hf·* укороченным междоузлиям – *var, br;* типу побегообразования – *ls, to;* форме и размеру чашелистиков – *mc, Gm, f ;* различной степени опушения частей растения – *p, Wo, Wo*^{v}.

Доминантный ген β^m, контролирующий высокое содержание β-каротина, обнаружен у *L. minutum* Rick.

Полиморфизм вида *L. esculentum* можно четко проследить по признаку формы плода. Форма плода образцов томата контролируется следующими генами: *el, o, n, obl*, *bk, g.*

Ген *j* контролирует обрыв плодов (плодоножка без коленца) у сортов, пригодных для машинной уборки и консервной промышленности, и *j-2* – плодоножка удлинена, без коленца.

Используется в селекционном процессе и ген *pat, pat-2,* который придает плодам мясистость и большую упругость, сопровождающиеся отсутствием семян (партенокарпия).

Особую значимость для культуры томата имеют гены, отвечающие за устойчивость растений к болезням. Практически все гибриды, выращиваемые в производстве, особенно в защищенном грунте, обладают комплексом устойчивости к различным вредоносным заболеваниям, контролируемым следующими доминантными генами: устойчивость к вирусу табачной мозаики – *Tm* (расам – *1,2,2*^{2}), *Tm-2a, Cf* (расам – *1, 2, 3, 4, 6, 11), Ve* (вертициллезу), *Mi* (корневым нематодам), *F* (фузариозу), *Cf, Cf-2, Cf-3*, *Cf-4*, *Cf-6* (*Cladosporium fulvum resistance*). Выявлены гены устойчивости к *Ph*-расе *To* (фитофтора), *Ora* (заразиха египетская) и др. Ген *py* – контролирует устойчивость к опробковению корня, доминантный ген *Se* – устойчивость к *Septoria lycopersici*.

В коллекции представлены формы с различными типами стерильности пыльцы: *ex, ps, sl, ms*, *bn, pi, car, x*. Многие из этих признаков – хозяйственно ценные и с успехом используются в селекции. Вновь выявленные гены интенсивно включаются в селекционный процесс, что дает практические результаты и увеличивает разнообразие форм, а также концентрацию многообразия генов, соответственно и признаков в сортовом биоразнообразии этой важной овощной культуры.

Свекла. В результате генотипического изучения коллекционных образцов сформирована генетическая коллекция по следующим признакам: 1 – форме и окраске гипокотиля, листьев и корнеплодов, 41 обр.; 2 – раздельноплодности, 60 обр.; 3 – устойчивости к цветушности, 6 обр.; 4 – мужской стерильности, 18 обр.; 5 – самонесовместимости и самофертильности, 7 обр.; 6 – устойчивости к болезням, 4 обр.; 7 – полиплоидии (4х), 42 обр. Всего – 178 обр. Каждая из этих групп признаков имеет важное значение для селекционного использования.

Наибольший интерес для селекции представляют коллекционные образцы с комплексом признаков. В особенности это относится к раздельноплодным формам свеклы.

Общеизвестно, что раздельноплодные сорта *(mm)* уступают сростноплодным *(MM)* по скороспелости, устойчивости к цветушности и болезням. В результате урожайность/продуктивность их нередко ниже стандарта. Выход был найден путем использования раздельноплодных форм в гетерозисной селекции, т. е. скрещиванием их со сростноплодными и раздельной уборкой семян. Гибриды F_1 такого типа имеются в коллекции: Red Cross (США), Pacemaker (Канада), Banko (Швеция), Monopoly (Нидерланды) – столовые; Monored, Monoblanc, Monoval (Нидерланды), Peramono (Германия), Monorosa (Венгрия) – кормовые; Льговский гибрид (Россия), Белоцерковский гибрид 40 (Украина), РМС-68 (Россия и Германия) – сахарные.

Для получения гибридов F_1 свеклы хорошо отселектированные раздельноплодные линии и формы скрещивают с гетерозисным опылителем. Установлено, что от правильного выбора опылителя зависит как урожайность/продуктивность, так и скороспелость, устойчивость к цветушности и болезням, а также качество продукции. Вместе с тем, важную роль в этих вопросах играет комбинационная способность, которую определяют в результате скрещивания подобранных пар. Ниже приведены образцы свеклы столовой, выделившиеся по отдельным признакам и рекомендуемые для использования в гетерозисной селекции.

Образцы свеклы столовой, выделившиеся по отдельным признакам

По раздельноплодности: **Хавская (РФ), Mona (Финляндия), Monogram (Великобритания), Mono King Explorer (Франция), Pacemaker (Канада), Banko и Adoptiv (Швеция), Luxor и Fire Chief (Нидерланды).**

По скороспелости: **Adoptiv** и **Banko**, Gladiator (Нидерланды), Good for All (Швеция), Gracia (Нидерланды), Detroit Retonda и Detroit Select (США), **Fire Chief**, Little Egypt и **Luxor** (Нидерланды).

По устойчивости к цветушности: Раннее Чудо и Подзимняя (РФ), **Banko**, Extra Early Egypt, **Fire Chief** и Sutton Globe (Нидерланды).

По устойчивости к корнееду: Айняй (Литва), Подзимняя (РФ), **Banko**, Rubidus (Венгрия), Extra Early Egypt (Нидерланды), Obelisk и Forma Nova (Австралия), **Pacemaker**, Mestna Populacia (Болгария), **Monogram, Mono King Explorer,** Top Market (Австралия).

По урожайности: Кубанская борщевая (РФ), Extra Early Egypt (Нидерланды), Detroit Select (США), **Fire Chief**, **Mona, Pacemaker**, Rouge Globe и Rouge Noir Plate d'Egypte (Нидерланды), Special Crosby (США).

По высокой товарности корнеплодов: Айняй, Detroit Bolivar, Detroit Rubidus, Detroit Supra (США), Gracia, **Fire Chief, Monogram,** Rosa Detroit, Special Crosby (США), Top Market.

Примечание. Жирным шрифтом обозначены раздельноплодные образцы.

Из этого перечня видно, что ряд сортообразцов раздельноплодной свеклы выделяется по комплексу признаков: Monogram (Великобритания), Pacemaker (Канада), Banko (Швеция), Mona (Финляндия), Monoking Explorer (Франция). Для них характерны высокие урожайность и товарность корнеплодов, устойчивость к корнееду и цветушности.

Тыква. В составе коллекции 2463 образца из 97 стран мира, из них 973 – местные сорта-популяции, 1435 – селекционные сорта, 25 – гибриды, 30 – самоопыленные линии и доноры. В генетической коллекции тыквы представлены образцы по следующим признакам: устойчивости к вирусной мозаике арбуза – ген *Wmv* (1 обр.), голосемянности (отсутствие лигнификации семенной оболочки) – ген *n* (22 обр.); кустовому габитусу растения – ген *Bu* (40 обр.); мякоти плода типа спагетти – ген *sp* (6 обр.); партенокарпии – (16 обр.). Генетическая коллекция маркерных признаков включает следующие признаки: желто-зеленые молодые листья (виресценс) – ген *v* (2 обр.), розеточный лист – ген *ro* (1 обр.).

Наследование кустового габитуса растения хорошо изучено, так как этот признак экономически наиболее важен. Установлено, что одна пара генов контролирует выраженность кустовости у видов *C. pepo* Duch. и *C. maxima* L. Позднее исследователи пришли к заключению о смене доминирования в онтогенезе, так что кустовой габитус имеет доминантный характер у молодых растений и рецессивный – у зрелых. По признаку

кустовости идентифицировано 40 образцов, из них 22 – вида *C. maxima* Duch. и 18 – *C. pepo* L. Наиболее интересны образцы Прикорневая (к-4020, Россия), Кустовая золотая (к-4724, Россия), Sweet Mama (к-4134, США), Cheyenne Buch (к-3296, Канада), сочетающие этот признак с высокой урожайностью и отличными вкусовыми качествами, а также многоплодные порционные Cachi INTA (к-4269) и Cachi Magnif INTA из Аргентины, Улыбка (к-4721) и Веснушка (к-4722) из России.

Ценным признаком, особенно важным для масличной тыквы, является голосемянность. У вида *C. pepo* признак контролируется одним рецессивным геном *"n"*. В коллекции ВИР имеются 22 образца с признаком голосемянности. Для селекционеров представляют интерес высокоурожайные высокомасличные образцы Gießener (к-3759, ФРГ), Hejatlan (к-4518, Венгрия), Steiner Olajtok (к-4543, Венгрия), Slovenska Yolica (к-4544, Югославия), Naked seeded 293 A (к-4707, Канада), к-4712 (Германия).

Признак партенокарпии (завязывание плодов без оплодотворения) очень важен для тыквы в условиях недостаточного опыления. Установлено, что партенокарпия контролируется одним локусом с неполным доминированием. Проведенные нами исследования показали, что способность к партенокарпическому завязыванию плодов сильнее проявлялась у образцов с открытым типом куста и зеленой и темно-зеленой окраской плодов. 16 образцов, имеющих наибольшую экспрессию признака партенокарпии (более 70% завязавшихся без опыления плодов), включены в признаковую коллекцию. Наиболее ценные из них: Aquilone (к-070, Италия) – высокоурожайный, раннеспелый; Maja (к-4766, Нидерланды) – раннеспелый, с высокими товарными качествами; Dark Green (к-4758, США) – высокоурожайный, с высокими товарными качествами; Black Jack (вр.к-1577, Канада) – холодостойкий, с длительным периодом плодоношения.

На основе идентифицированного генофонда тыквы в течение ряда лет в системе ВИР (Теханович Г. А., Кубанская ОС) проводилась работа по созданию доноров селекционно-важных признаков, использование которых в селекционных программах позволяет ускорить процесс создания новых сортов, наиболее полно удовлетворяющих требованиям со стороны производства. Созданы доноры следующих признаков: кустовости – 2, качества плода – 1, высокого содержания каротина – 1, желтой окраски плода – 1. Следует отметить, что указанные доноры обладают рядом сопутствующих положительных характеристик, таких как скороспелость, высокая продуктивность, устойчивость к болезням.

Огурец. Поиск исходных форм для создания высокопродуктивных мелкоплодных гетерозисных гибридов огурца универсального использования, с хорошими товарными и вкусовыми качествами плодов, склонных к партенокарпии, устойчивых к болезням, имеющих ограниченное боковое ветвление и простое в организационном отношении семеноводство – одно из первоочередных направлений исследования генофонда огурца на современном этапе.

Коллекция огурца представлена местными формами, сортами, линиями и гибридами отечественной селекции, а также интродуцированными из 77 стран мира, и составляет в настоящее время более 4000 образцов.

Перспективное направление в селекции и семеноводстве гетерозисных гибридов огурца – метод создания тройных гибридов. Материнская форма должна быть стабильной по типу цветения и иметь в семеноводческих посевах 100% чисто женских растений. Исходным материалом в селекционном процессе служат женские линии, сложные материнские формы, беккроссированные сложные материнские формы, андромоноэцийные и гермафродитные линии, однодомные сорта. Женские линии, как правило, выровнены по вегетативному развитию, размеру плода и форме, с отсутствием горечи, толерантные к поражению бактериозом, с высокой устойчивостью к мучнистой росе, оливковой пятнистости и другим болезням. Отцовская форма при гибридизации подбирается в дополнение материнской, как комплексный геноноситель с высокой комбинационной способностью.

Многолетние исследования, проводимые с коллекцией огурца, позволяют рекомендовать в качестве источников выделившиеся образцы.

По скороспелости: Market Gemini (США), F_1 Adinis (Нидерланды), F_1 Monitor (Нидерланды), Japanese Long Pickling (Канада), Medina Hy (Египет), Местный Jen My (Вьетнам), Cross Country Hybrid (Канада), F_1 Patty RS 8917 (Нидерланды), Dasper II (Канада), Spacemaster (Канада), Speedway (Канада), Traiblaiser (Канада), Bernadetth (Венгрия), Zki-96/84 (Венгрия), Allert F_1 (Нидерланды), Dex (Нидерланды), Paragon (Нидерланды), RN505 (США).

По урожайности: F_1 Farid (Нидерланды), F_1 Rawa (Нидерланды), Salad Bush Hybrid (США), Tiamin Mini Cucumber (Китай), F_1 Danito (Египет), F_1 Pegasus (Южная Корея), F_1 Зубренок (Приднестровская Республика), F_1 Prolifik (Япония), Narukami Hybrid (Япония), Suhyo TK (Япония), Azuma Natsufushi (Япония), F_1 Alstar (Нидерланды), F_1 Esther (Нидерланды), Turbo Hybrid (Канада).

По раннеспелости: Petrel (Тайвань), Strlamliner Hybrid (США), Narukami Hybrid (Япония), F_1 Early Set (Нидерланды).

По устойчивости к мучнистой росе: German Pikling (Венгрия), Bernadetth (Венгрия), Gemini Hybrid (США), County Fair (Канада), Gemini 7 (Нидерланды), Zhendan № 8113 (Китай), PSMB (Индия), Japanese Long Pickling (Канада), Pannonia F_1 (Венгрия), F_1 Astra (Нидерланды), Woon-Nong 5 (Тайвань), Revenue Hybrid (Канада), Cucumber Parental Line 2 (Япония), F1 Danito (Египет).

По устойчивости к оливковой пятнистости: Vencross F_1 (Нидерланды), Levo F_1 (Нидерланды), Beata F_1 (Нидерланды), Gracia F_1 (Нидерланды), Nimbus F_1 (Нидерланды), Multo F_1 (Нидерланды), Pandex F_1 (Нидерланды), R-16 (Нидерланды), Marion F_1 (Нидерланды), Boneva (Нидерланды), Marat (Нидерланды), Briljant F_1 (Нидерланды), Plento F_1 (Нидерланды), Silvia F_1 (Нидерланды), Toska F_1 (Нидерланды), Herta F_1 (Нидерланды), Monique F_1 (Нидерланды), Bitsport F_1 (Нидерланды), Marketmore 70 (США), MSU 921 G (США), Calipso F_1 (США), Solo (Дания), Fema (Швеция), Patio PIk F_1 (Австралия).

По устойчивости к вирусу огуречной мозаики: Trubegurken Erfurter Ausstellunge (Германия), Jing Yan № 4 (Китай), Lhongsu 4 (Китай).

В качестве источника партенокарпии в селекции короткоплодного огурца универсального использования большой интерес представляют образцы из Нидерландов Alstar и Ardenour. Кроме того, у образцов Nunhems 629-74 (Нидерланды), Ark 79-75 (США) отмечено наличие такого хозяйственно-ценного признака, как ограниченное боковое ветвление.

Морковь. Коллекция моркови насчитывает 3100 образцов, в том числе примитивных и староместных сортов 84, селекционных 2957, гибридов 51 и источников с идентифицированными генами 10. Важнейшее физиологически активное вещество, ради которого выращивают морковь, – каротин, его содержание коррелирует с окраской тканей корнеплода. Для обозначения генов, контролирующих окраску тканей корнеплода моркови, принята определенная символика: *W* – белая, *Y* – желтая (ксантофилловая), *Or* – оранжевая (каротиновая), *L* – красная (ликопиновая). Оттенки в окраске отмечают следующими символами: Y_1 – светло-желтая, Y_2 – темно-желтая, Or_1 – светло-оранжевая, Or_2 – оранжевая, Or_3 – темно-оранжевая.

Особый интерес для селекции представляют образцы с темно-оранжевой окраской корнеплодов и высоким содержанием каротина. Проведенный анализ мирового разнообразия обнаружил, что каротиновые формы моркови выявлены независимо у растений азиатского и средиземноморского происхождения, в чем проявилось действие закона гомологических рядов в наследственной изменчивости, установленного Н. И. Вавиловым. Генетическими источниками повышенного содержания каротина являются коллекционные образцы: Selbsung (к-2327, Германия), Лосиноостровская 13 (к-2017, Россия), № 476 (к-2715, Дания).

Различия в окраске флоэмы и ксилемы корнеплодов моркови обозначают буквой T (tinge – окраска, оттенок): Tor-*y* – флоэма оранжевая, ксилема желтая; Tor-*w* – флоэма оранжевая, ксилема белая; Tor_3-*or* – флоэма темно-оранжевая, ксилема оранжевая. На основе многочисленных анализов сделан вывод, что наследование признака окраски тканей корнеплодов в большинстве случаев объясняется различиями по одному гену. Различие

между генотипами оранжево-белыми и оранжевыми определяется одним доминантным геном *Or*. Желтая окраска сердцевины контролируется доминантным геном *Y*.

В повышении товарных качеств моркови большую роль играет устойчивость к растрескиванию корнеплодов. Выявлен доминантный ген *Cr* растрескиваемости моркови. В результате скрининга коллекционных образцов выделена группа сортов, являющихся генетическими источниками высокой товарности корнеплодов: Concorde (к-2356, Великобритания), Nanski (к-2727, Болгария), Chantenay Supreme Long Type (к-2730, США).

Один из наиболее важных признаков моркови – цитоплазматическая мужская стерильность (ЦМС). Для моркови известно два типа стерильности – браун и петалоид. Эти два типа ЦМС имеют различную генетическую природу. Выявлено, что стерильность типа браун обусловлена взаимодействием фактора стерильности (S) в цитоплазме с дупликатными ядерными генами, один из которых доминантен, другой – рецессивен. Стерильность типа петалоид также обусловлена взаимодействием цитоплазмы и ядра, три ядерных гена находятся в доминантном состоянии. Два комплементарных доминантных гена восстанавливают фертильность, изменяя стерильную цитоплазму на нормальную. Наиболее генетически устойчивы чисто петалоидные формы. На основании сведений о генетическом контроле признака ЦМС с использованием коллекции ВИР во ВНИИССОК создана генетическая коллекция линий моркови. Она включает инбредные фертильные и беккроссированные мужские стерильные линии, различающиеся по ряду морфологических, биологических и биохимических признаков.

В настоящее время практически все современные зарубежные промышленные гибриды моркови созданы на основе ЦМС.

Исходя из изложенного выше можно констатировать, что по основным овощным культурам выполнены генетические исследования, позволяющие получить достаточно полную информацию о генотипическом составе изучаемых коллекционных образцов и целенаправленно использовать их в селекции.

Литература

1. *Буренин В. И., Храпалова И. А., Артемьева А. М.* Источники и доноры селекционно-ценных признаков овощных культур // Идентифицированный генофонд растений и селекция / Под ред. Б. В. Ригина. СПб.: ВИР, 2005. С. 419 – 442.
2. *Идентифицированный* генофонд овощных растений. // Под ред. В. И. Буренина. СПб., 2007. 70 с.

К МЕТОДИКЕ ОТБОРА ОБРАЗЦОВ СОИ, УСТОЙЧИВЫХ К ПОЛЕГАНИЮ

М. О. Бурляева

Государственный научный центр РФ Всероссийский научно-исследовательский институт растениеводства им. Н. И. Вавилова РАСХН, Санкт-Петербург, Россия, e-mail: m.burlyaeva@vir.nw.ru

Резюме

Проведено сравнительное анатомическое изучение строения междоузлия и содержания клетчатки в стеблях у образцов сои зеленоукосного, сенного и силосного направлений использования в связи с проблемой устойчивости растений к полеганию. Установлено сильное влияние условий произрастания и морфобиологических особенностей растений на внутреннее строение. Выявлено, что самым надежным и объективным методом оценки устойчивости сои к полеганию является анатомический анализ. Полегаемость сои зависит от комплекса признаков: в наибольшей степени – от диаметра стебля в нижних междоузлиях, толщины кольца одревеснев шей ксилемы, ширины слоя склеренхимы. Содержание клетчатки в стеблях существенно не влияет на его механические свойства.

APPROACH TO THE EVALUATION OF SOYABEAN LODGING RESISTANCE

M. O. Burlyaeva
State Scientific Centre N. I. Vavilov All-Russian Research Institute of Plant Industry of RAAS,
St. Petersburg, Russia, e-mail: m.burlyaeva@vir.nw.ru

Abstract

A comparative anatomical research of the structure of internode and content of cellulose in the stems of the soybean accessions for utilization as green forage, hay and silage in connection with a problem of resistance of plants to lodging stem is discussed. Strong influence of environment on growth and morphological and biological features of plants as well as on size of anatomical structures is established. It is revealed that the most reliable and objective method of an estimation of stability to lodging is the anatomic analysis. The lodging of soya plants depends on a complex of characters: mostly on diameter of lower internode of the stem in, thickness of the secondary xylem ring and the width of the layer of sclerenchyma. The content of cellulose in the stems does not affect significantly on the lodging of soybean plants.

Введение

К наиболее важным факторам, отрицательно влияющим на продуктивность сои, относят полегание растений. Полегание вызывает снижение фотосинтеза, загнивание бобов и семян, усиливает распространение болезней, затрудняет уборку посевов, что приводит к существенным потерям урожая. Самое значительное снижение урожая сои (до 11,5 ц/га) происходит при полегании растений в фазу укосной спелости [9].

В настоящее время существует несколько методов оценки устойчивости сои к полеганию. Ряд авторов связывает полегание этой культуры с морфологическими признаками – сопротивляемостью нижних междоузлий излому, небольшой высотой растения и длиной второго междоузлия, толщиной стебля [4], массой растения, характером ветвления, размещением бобов по ярусам растения, мощностью корневой системы, соотношением между длиной и диаметром стебля [9]. Некоторые исследователи считают, что значительную роль в устойчивости к полеганию играет биохимический признаки: содержание клетчатки в стеблях [10] и калия в золе [9]. По мнению других, самым надежным методом оценки механических свойств стебля является анализ анатомического строения нижних междоузлий. Причем, разные авторы связывают устойчивость к полеганию с различными анатомическими структурами: толщиной клеточных стенок [10], степенью развития механических элементов [5, 9, 10], количеством и величиной клеток проводящих тканей [9].

Анализируя литературные данные по анатомическому строению междоузлия сои можно заметить отсутствие работ по изменчивости признаков внутреннего строения, нет трудов и по сравнительной характеристике разных форм и таксонов. В ряде работ дано только краткое описание строения стебля [5, 11 – 13], изучен онтогенез главного побега [2]. Только три исследования посвящены изучению связи полегания растения с анатомическим строением междоузлия [7, 9, 10]. При этом авторы анализировали сорта, не учитывая влияния погодных условий на морфологические и анатомические признаки. Исследование природы вариабельности анатомических признаков, связи изменчивости признаков с их морфологическим типом (хозяйственной группой использования) позволило бы точнее установить предел варьирования количественных параметров, прогнозировать реакцию сортов на меняющиеся условия среды и определить более достоверные косвенные признаки для отбора по показателям полегаемости.

Наличие множества методов по оценке устойчивости растений к полеганию, часть из которых трудоемка и не всегда надежна, так как в них не учитываются все причины, способствующие полеганию, вызывает трудности при выборе наиболее эффективного из них. Целью нашей работы было выявление метода, позволяющего с наибольшей объективностью оценивать сою по устойчивости к полеганию и определять признаки – индикаторы, связанные с данным свойством.

Проведенное нами ранее изучение связей полегаемости растений с 92 биологическими, морфологическими и хозяйственно ценными признаками у 270 образцов сои (различного

эколого-географического происхождения) не установило достаточно сильных и стабильных корреляций между ними [1]. В связи с этим осуществлено изучение взаимосвязей между анатомическими признаками строения междоузлия, содержанием клетчатки в стебле и устойчивостью к полеганию.

Методика

Полевые эксперименты проводились на Кубанской опытной станции ВИР, расположенной в степной части Прикубанской равнины. Годы проведения опытов характеризовались относительно равной сумой активных температур (3590 – 3578°С), но значительно отличались по влагообеспеченности. Количество осадков, выпавших за вегетационный период, в первый год изучения равнялось 394,7 мм, во второй год – 177,1 мм.

Исследовали кормовые образцы сои из мировой коллекции ВИР, относящиеся к разным направлениям хозяйственного использования (зеленоукосному, силосному, сенному). Включенные в изучение растения сои существенно различались по морфологическим и хозяйственным признакам. Зеленоукосные сорта характеризовались относительной высокорослостью, детерминантным и полудетерминантным типом роста, формированием ветвей на значительной высоте, негрубой зеленой массой, способностью к интенсивному наращиванию вегетативной массы и отрастанию после скашивания, медленно стареющими листьями. Сорта, используемые на сено и травяную муку, обладали тонкими, завивающимися стеблями, незаконченным типом роста, высокой ветвистостью, облиственностью, слабой опушенностью, мелкими, хорошо удерживающимися на растении листьями, мелкими бобами и семенами. Силосные сорта были высокорослыми, с незаконченным характером роста, часто со склонностью к завиванию побегов, неветвящимися или с небольшим количеством ветвей, с крупными листьями и толстыми грубыми стеблями, устойчивыми к обламыванию, и равномерным размещением бобов по ярусам.

Оценку устойчивости образцов сои к полеганию проводили по «Методическим указаниям по изучению коллекции зерновых бобовых культур» [8].

Содержание клетчатки в зеленой массе определяли в фазу укосной спелости по «Методам биохимических исследований растений» [6]. Исследовали 10 растений каждого образца.

Анатомическое изучение вегетативных органов сои осуществляли в соответствии с «Методическими указаниями по технике анатомических исследований культурных растений» [3]. Анализировали 5 образцов из каждой группы, выделенной по особенностям направления использования. Материал фиксировали в 70%-ном этиловом спирте в период укосной спелости растений. Каждый образец изучали в 5-кратной повторности. Исследовали признаки анатомического строения пятого междоузлия стебля. Срезы делали от руки, препараты изучали с помощью микроскопа БИОЛАМ С II при увеличении 7×3,7 и 15×20, измерения вели при помощи винтового окуляр-микрометра МОВ-1-15, рисунки выполняли рисовальным аппаратом РА-4.

Для определения закономерностей изменчивости и коррелированности признаков, выяснения их информационной ценности при оценке растений на устойчивость к полеганию, корректировки первоначального набора признаков за счет отбрасывания избыточных и второстепенных показателей провели статистическую обработку данных. Факторный анализ проводили по каждому году отдельно и по данным, усредненным за два года исследования. Обработку данных осуществляли на персональных компьютерах с использованием программ Statistica 5.5 for Windows и Excel 7.0.

Результаты исследования

Анатомическое строение междоузлия у всех образцов имеет сходное строение (рис. 1). Под эпидермой находится кольцо колленхимы и хлорофиллоносной паренхимы (первичная кора), затем – прерывистый круг лубяных волокон (склеренхимы) и вторичная флоэма, далее камбий и кольцо вторичной ксилемы. В ксилеме хорошо видны сердцевинные лучи.

Центральная часть стебля занята сердцевинной паренхимой (сердцевина), состоящей из крупных, тонкостенных клеток.

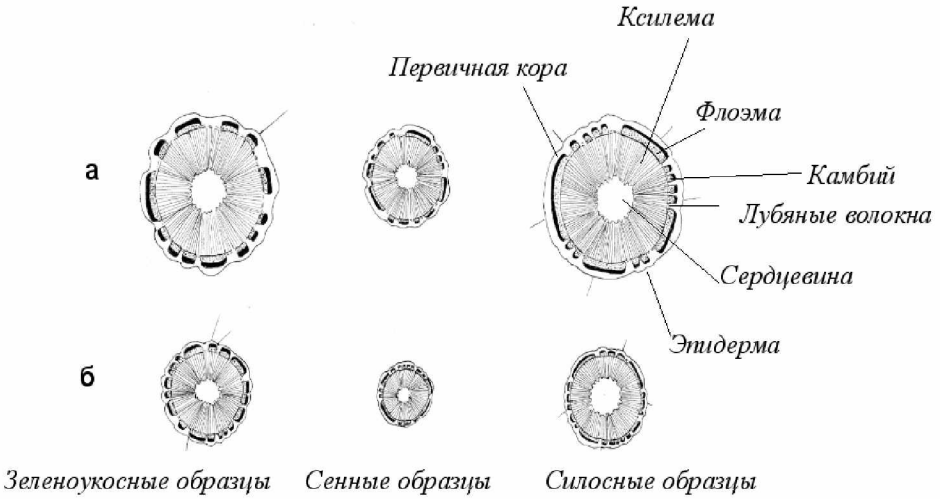


Рис. 1. Изменчивость анатомического строения междоузлия у зеленоукосных, сенных и силосных образцов в разные годы исследования.: а – I год, б – II год

Исследование анатомических признаков междоузлия выявило их нестабильность в разных условиях выращивания. Все изученные структуры в неблагоприятных условиях роста при недостаточном количестве осадков (во II год изучения) уменьшали свои размеры. Меньшими показателями размеров признаков междоузлия во все годы исследования отличались сенные образцы, наибольшими – зеленоукосные (табл. 1). В благоприятный для роста год самыми высокими показателями практически всех признаков строения междоузлия отличались силосные образцы, в период засухи – зеленоукосные.

Различная изменчивость признаков у сортов разных направлений использования скорее всего связана с наблюдающимися у них разными типами роста (незаконченным у силосных и сенных и детерминантным у зеленоукосных). В год с достаточным количеством осадков у силосных образцов происходит постоянное удлинение главного побега, образование новых листьев, увеличение количества проводящих элементов, рост стебля в толщину. При обратных условиях на первых этапах ростовые процессы у силосных сортов не замедляются, силы организма расходуются на генетически заложенный рост в высоту в ущерб формированию внутренних структур стебля. В дальнейшем из-за недостатка влаги происходит прекращение образования листьев, развитие стебля останавливается. Зеленоукосные образцы в этом отношении оказываются в более выгодных условиях, так как быстрее прекращают рост главного стебля в длину и успевают закончить формирование анатомических структур побега.

Наибольшее число рядов сосудов в одревеснев шей ксилеме сои наблюдалось у зеленоукосных образцов (49,0), затем у сенных (43,7), самое меньшее – у силосных (40,3). Интересно отметить, что у всех образцов сои в период засухи уменьшается площадь проводящих элементов, а число мелких и крупных пучков и число рядов сосудов в них увеличивается. У сенных и силосных образцов в отличие от зеленоукосных уменьшается число крупных пучков, что также, на наш взгляд, связано с характером (незаконченным) роста растений, не позволяя завершить в критических для роста условиях формирование внутреннего строения стебля.

Толщина склеренхимы и расстояние от эпидермы до склеренхимы в первичной коре сои были наибольшими у зеленоукосных образцов (0,13 и 0,26 мм), наименьшими – у сенных (0,10 и 0,15 мм), у силосных сортов были средними (0,08 и 0,24 мм). При неблагоприятных условиях во всех группах образцов средние показатели толщины этих тканей равнялись соответственно 0,07 и 0,12 мм.

Во время засухи (II год) для всех изученных растений было характерно увеличение коэффициентов вариации (CV) диаметров междоузлия и сердцевины. Для большинства признаков анатомического строения междоузлия у сенных и зеленоукосных образцов было характерно уменьшение значений CV. Исключение составили силосные образцы, у которых значения CV всех анатомических признаков при неблагоприятных условиях роста возросли.

Таблица 1. Изменчивость анатомических и морфологических признаков строения междоузлия у образцов сои разного кормового использования

Количество осадков, выпавших за вегетационный период	год, мм							
	I, 394,7				II, 177,1			
	средние значения	CV	min	max	средние значения	CV	min	max
	Зеленоукосные							
Диаметр междоузлия, мм	7,91	14,00	6,18	9,27	5,71	30,71	4,09	10,6
Толщина первичной коры междоузлия, мм	0,74	33,60	0,42	1,16	0,50	21,07	0,39	1,00
Диаметр сердцевины, мм	3,73	11,90	2,90	4,63	2,49	17,24	2,08	5,40
Толщина ксилемного кольца, мм	1,53	28,60	0,69	2,32	1,32	24,50	0,85	2,20
Число рядов сосудов	49,00	15,80	37,0	66,0	60,6	9,52	51,0	65,0
Число мелких проводящих пучков	12,10	8,20	11,0	14,0	14,4	10,53	13,0	17,0
Число крупных проводящих пучков	3,90	17,10	3,00	5,00	4,60	11,91	4,00	5,00
Расстояние от эпидермы до склеренхимы, мм	0,26	48,20	0,12	0,54	0,12	26,15	0,08	0,20
Толщина склеренхимы, мм	0,13	41,1	0,04	0,19	0,07	11,77	0,06	0,15
	Сенные							
Диаметр междоузлия, мм	6,31	7,07	5,79	6,56	4,64	17,45	4,09	6,06
Толщина первичной коры междоузлия, мм	0,50	13,52	0,46	0,58	0,41	11,26	0,37	0,48
Диаметр сердцевины, мм	2,06	10,83	1,93	2,32	1,89	26,84	1,31	2,7
Толщина ксилемного кольца, мм	1,56	16,13	1,31	1,81	1,14	6,63	1,00	1,20
Число рядов проводящих сосудов	43,7	24,05	33,0	54,0	54,00	12,63	47,0	62,0
Число мелких проводящих пучков	8,70	29,04	6,00	11,0	13,40	6,67	12,0	14,0
Число крупных проводящих пучков	4,70	12,37	4,00	5,00	3,80	11,77	3,00	4,00
Расстояние от эпидермы до склеренхимы, мм	0,15	25,00	0,12	0,19	0,12	21,03	0,10	0,15
Толщина склеренхимы, мм	0,10	21,65	0,08	0,12	0,07	23,52	0,04	0,08
	Силосные							
Диаметр междоузлия, мм	8,11	16,50	6,56	8,88	5,07	35,08	2,50	6,48
Толщина первичной коры междоузлия, мм	0,77	0,00	0,77	0,77	0,36	47,00	0,15	0,57
Диаметр сердцевины, мм	3,22	6,90	3,09	3,47	2,55	36,48	1,54	3,86
Толщина ксилемного кольца, мм	1,35	28,6	0,97	1,74	1,07	44,66	0,38	1,54
Число рядов проводящих сосудов	40,30	1,40	40,0	41,0	53,80	15,12	45,0	64,0
Число мелких проводящих пучков	11,30	5,10	11,0	12,0	16,00	17,11	12,0	19,0
Число крупных проводящих пучков	4,00	0,00	4,00	4,00	3,00	0,00	3,00	3,00
Расстояние от эпидермы до склеренхимы, мм	0,24	9,10	0,23	0,27	0,12	33,3	0,08	0,15
Толщина склеренхимы, мм	0,08	0,00	0,08	0,08	0,07	11,77	0,06	0,08
	Средние значения для всех образцов							
Диаметр междоузлия, мм	7,67	15,6	5,79	9,27	5,14	17,12	2,51	8,61

Толщина первичной коры междоузлия, мм	0,71	31,5	0,42	1,16	0,42	21,63	0,15	0,58
Диаметр сердцевины, мм	3,37	21,82	1,93	4,63	2,31	17,7	1,31	3,86
Толщина ксилемного кольца, мм	1,51	26,09	0,69	2,32	1,18	19,89	0,39	1,66
Толщина ксилемного кольца, мм	1,51	26,09	0,69	2,32	1,18	19,89	0,39	1,66
Число рядов проводящих сосудов	46,67	17,21	33,0	66,0	56,0	11,14	45,0	65,0
Число мелких проводящих пучков	11,39	15,40	6,00	14,0	14,60	10,86	12,0	19,0
Число крупных проводящих пучков	4,06	15,76	3,00	5,00	3,80	15,49	3,00	5,00
Расстояние от эпидермы до склеренхимы, мм	0,24	45,64	0,12	0,54	0,12	19,59	0,08	0,15
Толщина склеренхимы, мм	0,12	41,22	0,04	0,19	0,07	15,43	0,04	0,08

Примечание. В первом столбце — названия признаков.

Таким образом, изучение анатомического строения междоузлия выявило сильное влияние условий произрастания на величины этих структур. Варьирование анатомических признаков под влиянием среды у сенных образцов часто не совпадало по направлению с сортами других групп. Воздействие засухи на растения влияло не только на уменьшение размеров органов, тканей, клеток, но и на развитие проводящей системы. При этом наряду с уменьшением площади проводящей системы наблюдалось увеличение количества сосудов в пучках во всех группах образцов. Вероятно, увеличение числа проводящих пучков является механизмом, способствующим транспортировке находящейся в минимуме воды. Развитие сенных и силосных сортов в большей степени было угнетено засушливыми условиями, что сказалось на уменьшении не только площади проводящих элементов, но и на уменьшении числа крупных пучков в междоузлии главного стебля. Сенные образцы резко отличались от образцов других групп меньшими размерами анатомических признаков. Они характеризовались самым небольшим количеством колленхимы и склеренхимы в коре междоузлия и вследствие этого – неустойчивостью побегов, высокой склонностью к полеганию. Силосные образцы по величине органов растений (количественным признакам) приближались к зеленоукосным, по признакам внутреннего строения или занимали промежуточное положение между другими группами сортов, или были сходны с сенными.

Для выявления закономерностей изменчивости и структуры связей изученных признаков, выяснения их информационной ценности при оценке сои на устойчивость к полеганию провели факторный анализ (метод главных компонент).

Факторный анализ анатомических и морфологических признаков междоузлия, содержания клетчатки в стеблях растений, проведенный по усредненным за два года данным, выявил три корреляционные плеяды. В первую из них (FD 43,0%) входили: диаметр сердцевины и стебля, толщина первичной коры и кольца одревесневшей ксилемы, расстояние от эпидермы до одревесневшей ксилемы, толщина механической ткани (высота склеренхимы) и, в отрицательной связи с вышеуказанными признаками, полегание растений. Вторая плеяда (FD 18,0%) состояла из числа рядов сосудов в ксилемном кольце и числа мелких пучков; с ними в небольшой степени отрицательно коррелировали полегание растения и содержание клетчатки в стеблях. Третья (FD 11,0%) была связана с числом крупных проводящих пучков и, в некоторой степени, с числом рядов сосудов в ксилемном кольце (табл. 2).

Рассматривая группировку признаков по плеядам, можно заметить связь полегания растения с несколькими факторами. Вариабельность этого признака сложна и зависит от согласованной изменчивости нескольких групп скоррелированных между собой признаков.

Для уточнения результатов факторного анализа, проведенного по усредненным за два года параметрам, данные были проанализированы по каждому году отдельно. Компонентный анализ, проведенный по каждому году, выявил также три плеяды. Структура и уровень взаимосвязей не показали существенных отличий. Устойчивый характер корреляционных

связей в плеядах обнаружил независимость структуры и уровня корреляций между этими признаками от погодных условий.

Таблица 2. Факторная структура анатомических признаков междоузлия, связанных с полеганием сои (КОС ВИР)

Признак	Обозначение	Фактор		
		1	2	3
Диаметр междоузлия	Md	– **0,92**	0,03	– 0,06
Толщина первичной коры междоузлия	Mkh	– **0,91**	0,03	0,04
Диаметр сердцевины междоузлия	Msd	**– 0,86**	0,30	0,11
Толщина ксилемного кольца междоузлия	Mksh	***– 0,64***	0,07	– 0,36
Число рядов сосудов в ксилемном кольце междоузлия	Mnp	0,21	**0,73**	***– 0,52***
Число мелких пучков междоузлия	Mnmp	0,29	**0,86**	0,12
Число крупных пучков междоузлия	Mnbp	– 0,21	– 0,24	**– 0,83**
Расстояние от эпидермы до одревесневшей ксилемы	Mhl	**– 0,82**	– 0,08	0,19
Толщина склеренхимы междоузлия	Mskh	**– 0,79**	– 0,16	– 0,09
Содержание клетчатки в стеблях	KL	– 0,10	– 0,44	0,15
Полегание растений	PL	***0,62***	***– 0,53***	– 0,26
Expl.Var.		4,70	1,94	1,26
FD %		43	18	11

Таким образом, факторный анализ выявил комплекс признаков, связанных с полеганием сои (рис. 2) и включающих в себя диаметр стебля, сердцевины, толщину кольца одревесневшей ксилемы, толщину первичной коры и механической ткани, число рядов сосудов в ксилемном кольце и число мелких пучков. Образцы, имеющие толстые стебли, широкий слой механической ткани в первичной коре, хорошо развитую одревесневшую ксилему и первичную кору, выделялись меньшей склонностью к полеганию и, наоборот, тонкостебельные сорта со слаборазвитой механической тканью и одревесневшей ксилемой отличались низкими показателями по этому признаку. Сенные образцы выделялись самой сильной склонностью к полеганию, зеленоукосные и силосные, напротив, были более устойчивыми по этим показателям.

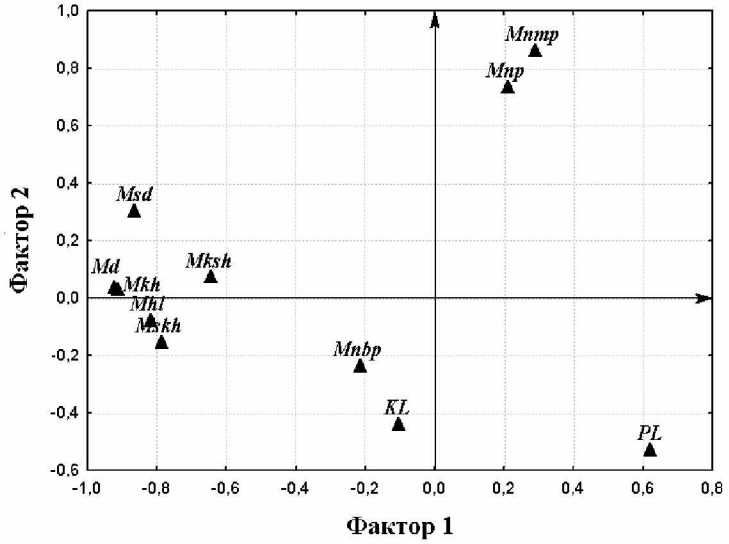


Рис. 2. Распределение анатомических и морфологических признаков междоузлия, содержания клетчатки в стеблях, связанных с полеганием сои в системе двух первых факторов (названия признаков в табл. 2)

В ходе факторного анализа не выявлено достоверной корреляции между полеганием растений и содержанием клетчатки в стеблях, связь была незначительной. Вопрос взаимосвязи этих показателей требует дальнейшего изучения. Исходя из полученных

результатов можно предположить, что у некоторых сортов корреляция между данными признаками существует.

Выводы

1. Изучение анатомического строения междоузлия выявило сильное влияние условий произрастания и морфобиологических особенностей растений на величины этих структур. Степень устойчивости к полеганию уменьшается в ряду: силосные – зеленоукосные – сенные, в зависимости от направления использования (морфотипа) образца.

2. Самым надежным и объективным методом оценки устойчивости сои к полеганию является анатомический. Полегаемость сои зависит от комплекса признаков: в наибольшей степени – от диаметра стебля в нижних междоузлиях, толщины кольца одревеснев шей ксилемы, ширины слоя склеренхимы, в меньшей – от количества мелких пучков междоузлия и числа рядов сосудов в кольце ксилемы. Содержание клетчатки в стеблях существенно не влияет на его механические свойства.

Литература

1. *Бурляева М. О.* Соя (Glycine max (L.) Merr.): изменчивость признаков и ее значение для сортов кормового использования: Автореф. дис. ... канд. биол. наук. СПб., 2003. 20 с.
2. *Ворошилова Г. И.* Строение стебля и корня дикой и культурной сои в различные этапы онтогенеза // Вестн. ЛГУ. Л., 1966. № 15. Вып. 3. С. 48 – 55.
3. *Жестянникова Л. Л., Москалева Г. И.* Методические указания по технике анатомических исследований культурных растений. Л.: ВИР, 1981. 65 с.
4. *Енкен В. Б.* Соя. / Под ред. В. М. Леонтьева. М.– Л., 1952. 180 с.
5. *Енкен В. Б.* Соя. М., 1959. 622 с.
6. *Ермаков А. И.* Методы биохимических исследований растений. Л., 1987. 430 с.
7. *Козак М. Ф.* Сравнительное анатомо-морфологическое исследование строения стебля представителей рода *Glycine* L. и их гибридов // Тр. 2-й Междунар. конф. по анатомии и морфологии растений. СПб., 2002. 55 с.
8. *Корсаков Н. И.* и др. Методические указания по изучению коллекции зерновых бобовых культур. Л.: ВИР, 1975. 59 с.
9. *Лещенко А. К.* и др. Соя. Киев, 1987. 255 с.
10. *Хлынина Н. В.* Влияние строения нижней части стебля сои в связи с полеганием // Агротехника, селекция и семеноводство основных с.-х. культ. на Дальнем Востоке. Уссурийск, 1978. Вып. 53. С. 28 – 30.
11. *Dzikowski B.* Etudes seer le Soya *Glycine hispida* Moench. II. Anatomie / Pamietnik Panstwowego Institutu Naukowego Gospodarstwa Wiejskiego w Pulawach. 1937. T. 16, № 2. P. 261 – 265.
12. *Watari S.* Anatomical studies on some *Leguminous* leaves with special reference to the vascular system in petioles and rachises // J. Faculty of Science. Tokio: Imperial University, 1934. Sec. III, IV, Part 3. P. 1 – 365.
13. *Wongyai W* Growth habit and inheritance of fascinated soybean // Bull. Inst. Trop. Agr. Kyushu Univ. Fukuoka. 1987. V. 10. P.27 – 120.

ПОИСК СОРТООБРАЗЦОВ ПШЕНИЦЫ С ГРУППОВОЙ УСТОЙЧИВОСТЬЮ И ИХ ПРАКТИЧЕСКОЕ ИСПОЛЬЗОВАНИЕ

Г. В. Волкова[1], Л. К. Анпилогова[1], Т. П. Алексеева[1], А. Е. Андронова[1], О. Ю. Кремнева[1], Л. С. Коваленко[1], О. Ф. Ваганова[1], М. В. Добрянская[1], О. П. Митрофанова[2]

[1]Всероссийский научно-исследовательский институт биологической защиты растений РАСХН, Краснодар, Россия, e-mail: volkova1@mail.kubtelecom.ru

[2]Государственный научный центр РФ Всероссийский научно-исследовательский институт растениеводства им. Н. И. Вавилова РАСХН, Санкт-Петербург, Россия, e-mail: o.mitrofanova@vir.nw.ru

Резюме

Изучено от 37 до 52 сортов озимой пшеницы отечественной селекции (в зависимости от патогена) и 393 образца мягкой пшеницы, ее редких видов и эгилопса из разных стран мира на

устойчивость к возбудителям бурой и желтой ржавчины, пиренофороза, септориоза. В качестве источников устойчивости к бурой ржавчине выделено 29 сортов и 158 коллекционных образцов, желтой ржавчине – 117, пиренофорозу – 37, септориозу – 127. Отобраны образцы с групповой устойчивостью.

THE SEARCH FOR WHEAT VARIETAL SAMPLES WITH GROUP RESISTANCE AND THEIR PRACTICAL USE

G. V. Volkova[1], L. K. Anpilogova[1], T. P. Alexeyeva[1], A. E. Andronova[1], O. Yu. Kremneva[1], L. S. Kovalenko[1], O. F. Vaganova[1], M. V. Dobryanskaya[1], O. P. Mitrofanova[2]

[1]All-Russian Research Institute of Biological Plant Protection, Krasnodar, Russia, e-mail: volkova1@mail.kubtelecom.ru

[2]N. I. Vavilov All-Russian Research Institute of Plant Industry, St Petersburg, Russia, e-mail: o.mitrofanova@vir.nw.ru

Abstract

From 37 to 52 winter wheat domestic cultivars (depending on the pathogen) and 393 accessions of bread wheat, its rare species and Aegilops from different countries of the world have been screened for resistance to brown and yellow rusts, pyrenophorosis and winter wheat leaf blotch. 158 accessions were identified as sources of resistance to brown rust, 117 accessions – to yellow rust, 37 – to pyrenophorosis, and 127 – to winter wheat leaf blotch. The samples with group resistance have been selected.

Пшеница подвержена воздействию большого комплекса фитопатогенов, среди которых возбудители бурой (*Puccinia triticina* Rob. ex Desm. f. sp. *tritici* Erikss. et Henn.) и желтой (*Puccinia striiformis* West. f. sp. *tritici* Erikss. et Henn.) ржавчины, пиренофороза (*Pyrenophora tritici–repentis* (Died) Drechsler) и септориоза (*Septoria tritici* Rob. ex Desm.) занимают особое место. По данным ряда исследователей [8–10] потери урожая в условиях сильной эпифитотии могут достигать 50–70%. В такой ситуации важное место в системе биологизированной защиты растения-хозяина занимают устойчивые сорта. Чтобы расширить их генетическое разнообразие, необходим постоянный поиск надежных источников с групповой устойчивостью среди сортов пшеницы, ее важнейших видов и диких родичей, что и было целью проведенных исследований.

Материалы и методы исследований

Опыты по оценке устойчивости сортов озимой пшеницы и образцов из коллекции пшеницы ВИР им. Н. И. Вавилова к комплексу заболеваний проводили на опытных полях Всероссийского НИИ биологической защиты растений (г. Краснодар) в период с 2004 по 2008 гг. В поле сорта располагали в двух вариантах: на контроле, защищенном фунгицидом Альто-супер, и инфекционном участке. В каждом варианте сорта высевали в 3-кратной повторности на делянках площадью 1 м^2. Коллекционные образцы высевали на инфекционных участках по 3 пог. м каждый. Инокуляцию растений возбудителями пиренофороза и септориоза осуществляли водно-конидиальной суспензией в концентрации $5x10^3$ и $5x10^7$ конидий/мл соответственно. Искусственное увлажнение поддерживали при помощи полиэтиленовых пакетов [3]. Инокуляцию растений ржавчинными грибами проводили весной при температуре 10–15°С в вечернее время под возможную росу или после дождя в фазе начала выхода в трубку (нагрузка 10 мг урединиоспор/м^2) [1]. Первый учет болезней вели в момент первичного проявления, последующие – с интервалом 10-12 сут. до молочно-восковой спелости зерна (не менее трех учетов). Основными фитопатологическими параметрами оценки сортов к ржавчинам были тип реакции растений, балл (шкалы Mains, Jackson; Gassner, Straib; Peterson et al.); степень поражения растений, % (шкала Peterson et al.); для пятнистостей – степень поражения, %, по шкале Saari и Prescott [2]. Площадь под кривой развития болезней (ПКРБ) в условных единицах рассчитывали по формуле Wilcoxson et al. [11]. При статистической обработке экспериментальных данных использовали критерий Стьюдента [5].

Для изучения иммунологических особенностей растения-хозяина к возбудителю бурой ржавчины были отобраны 52 сорта озимой пшеницы селекции Краснодарского НИИ сельского хозяйства им. П. П. Лукьяненко и селекции Всероссийского НИИ зерновых культур им. И. Г. Калиненко, желтой ржавчины – 48, пиренофороза – 37 и септориоза – 45 сортов.

Для определения типов устойчивости к *Puccinia triticina* в условиях камер искусственного климата изучали сорта озимой пшеницы Аксинит, Батько, Виза, Вояж, Девиз, Дон 105, Нота, Есаул, Гарант, Гранит, Конкурент, Память, ПалПич, Ростовчанка 5. Классификацию сортов по степени устойчивости к болезни вели по индексу устойчивости (φ) [9, 10]: $\varphi = ДПП \times ТР / ЛП$,

где ДПП – доля проявившихся пустул от количества нанесенных на единицу площади листа спор, %; ТР – тип реакции растений, балл; ЛП – латентный период, дни (табл. 1).

Установлено, что эти показатели наиболее информативны для фазы выхода растений в трубку.

Таблица 1. Классификация сортов пшеницы по степени устойчивости к бурой ржавчине

Степень устойчивости сорта	Относительный показатель индекса устойчивости (φ)*
Восприимчивый	> 0,9
Слабая неспецифическая устойчивость	0,7–0,9
Умеренная неспецифическая устойчивость	0,4–0,7
Высокая неспецифическая устойчивость	0,1–0,4
Специфическая устойчивость	< 0,1

*относительно восприимчивого эталона (сорт Мичиган Амбер) с индексом, равным 1,0

Пораженность коллекционных сортообразцов учитывали в период молочно-восковой спелости зерна по типу реакции (для ржавчин) и степени поражения. Отбор источников с групповой устойчивостью к патогенам проводили после трехлетней оценки.

Изучали следующий материал из коллекции пшеницы и эгилопса ВИР:

– 89 образцов озимой мягкой пшеницы (*Triticum aestivum* L.). Выборка включала сорта и линии из 13 стран: Болгарии, Великобритании, Венгрии, Германии, Китая, Польши, России, Румынии, США, Франции, Чехии, Швейцарии, Югославии;

– 103 образца яровой мягкой пшеницы. Это сорта и линии из 22 стран: Австралии, Аргентины, Бразилии, Вьетнама, Египта, Индии, Казахстана, Канады, Китая, Марокко, Мексики, Монголии, Непала, Пакистана, России, Сирии, США, Туниса, Украины, Чехии, Чили, ЮАР;

– 150 образцов редких видов пшеницы, в том числе: диплоидные (2n = 14) – *T. monococcum* L., тетраплоидные (2n = 28) – *T. dicoccum* Schubl., *T. timopheevii* Zhuk., *T. persicum* Vav., гексаплоидные (2n = 42) – *T. macha* Decapr. et Men., *T. spelta* L. Это материал, собранный в Азербайджане, Армении, Грузии и России;

- 51 образец *Aegilops tauschii* Coss. из Азербайджана, Армении, Грузии, Дагестана, Израиля, Индии, Киргизии, Туркмении, Турции, Узбекистана.

Результаты исследований

Устойчивость сортов озимой пшеницы к возбудителю бурой ржавчины. По степени устойчивости (восприимчивости) к возбудителю бурой ржавчины сорта озимой пшеницы были распределены по группам (табл. 2):

– устойчивые: Аксинит, Восторг, Веда, Гранит, Дея, Дока, Донской маяк, Донской сюрприз, Донской простор, Дончанка, Донской янтарь, Донская юбилейная, Донщина, Ермак, Зарница, Зерноградка 10, Зерноградка 11, Конкурент, Лига, Нота, Ростовчанка 5, Станичная, Степнячка, Таня, Танаис, Терра, Файл, Фишт, Фортуна (тип реакции 0; 1; 1(2) балла; степень поражения до 10%; ПКРБ от 6,0 до 222,9 у.е.; потери урожая до 6,4%);

– слабовосприимчивые: Батько, Виза, Вита, Вояж, Гарант, Дар Зернограда, Девиз, Есаул, Красота, Ласточка, Москвич, Нота, Памяти Калиненко, Память, ПалПич, Ростовчанка 3, Селянка, Старшина, Фортуна (тип реакции 2, 2(3) балла; степень поражения до 25%; ПКРБ от 19,3 до 680,0 у.е.; потери урожая до 10,4%);

– восприимчивые: Ростислав, Офелия, Юбилейная 100 (тип реакции 3 балла; степень поражения от 25 до 65%; ПКРБ до 773,7 у.е.; потери урожая до 15,2%);

– высоковосприимчивые: Краснодарская 99 (тип реакции 3, 4 балла; степень поражения от 65 до 100%; ПКРБ до 1299,4 у.е.; потери урожая до 21,7%).

Таблица 2. Число изученных и выявленных устойчивых сортов озимой пшеницы к возбудителям бурой и желтой ржавчины, пиренофороза, септориоза, инфекционный питомник ВНИИБЗР, 2004-2008 гг.

Патоген	Всего изучено сортов, шт.	Степень устойчивости (восприимчивости) сорта							
		устойчивый		слабо восприим-чивый		восприимчи-вый		высоко восприимчи-вый	
		шт.	%	шт.	%	шт.	%	шт.	%
Бурая ржавчина	52	29	55,8	19	36,5	3	5,8	1	1,9
Желтая ржавчина	48	12	25,0	13	27,1	22	45,8	1	2,1
Пиренофороз	37	5	13,5	6	16,2	14	37,8	12	32,5
Септориоз	45	0	0	7	15,6	30	66,7	8	17,7

Устойчивость сортов озимой пшеницы к возбудителю желтой ржавчины. По степени устойчивости (восприимчивости) к возбудителю желтой ржавчины сорта озимой пшеницы были распределены по группам (табл. 2):

– устойчивые: Веда, Виза, Зерноградка 10, Зерноградка 11, Красота, Лира, Степнячка, Селянка, Соратница, Ростовчанка 5, Танаис, Файл (тип реакции 1; 1(2) балла; степень поражения до 10%; ПКРБ до 19,5 у.е.; потери урожая до 2,4%);

– слабовосприимчивые: Восторг, Гранит, Донской сюрприз, Донской маяк, Ермак, Зарница, Конкурент, Лига, Скифянка, Старшина, Таня, Фишт, Фортуна (тип реакции 2, 2(3) балла; степень поражения до 25%; ПКРБ от 61 до 283 у.е.; потери урожая до 9,4%);

– восприимчивые: Вита, Вояж, Гарант, Дока, Дон 105, Девиз, Дея, Дельта, Есаул, Зимородок, Краснодарская 99, Ласточка, Москвич, Нота, ПалПич, Память, Памяти Калиненко, Офелия, Победа 50, Станичная, Ростислав, Юбилейная 100 (тип реакции 3, 3(4) балла; степень поражения от 25 до 65%; ПКРБ от 240 до 510 у.е.; потери урожая до 15,1%);

– высоковосприимчивые: Батько (тип реакции 4 балла; степень поражения от 65 до 80%; ПКРБ до 1787 у.е.; потери урожая до 23,3%).

Устойчивость сортов пшеницы к возбудителю пиренофороза листьев. Изучаемые сорта пшеницы за годы полевых испытаний проявили различную реакцию на заражение патогеном. Так, сорта Дока, Дельта, Зарница, Красота и Лира представляют селекционную и производственную ценность по устойчивости к возбудителю желтой пятнистости (степень развития болезни – до 15%; потери по массе 1000 зерен за три года на этих сортах составляли от 1,1 до 5,2%; ПКРБ – от 172 до 445 у.е.). Сорта Донской простор и Фортуна проявили слабую восприимчивость и восприимчивость к болезни (степень поражения от 22,0 до 47,5%), показали низкую ПКРБ (от 337 до 543 у.е.) и малые потери урожая (до 6,5%). Они могут характеризоваться как сорта с замедленным типом развития болезни и также представлять ценность в качестве источников устойчивости к данному патогену. Сорта Танаис и Юбилейная 100 можно отнести к толерантным (выносливым), так как за три года исследований при высокой степени развития болезни (от 54 до 80%) и значительной ПКРБ (от 682 до 1179 у.е.) снижение массы 1000 зерен было в несколько раза ниже (от 6,5 до

11,5%), чем у контрольного по восприимчивости сорта – Зерноградка 11 (23,4%). Остальные сорта по степени устойчивости (восприимчивости) к возбудителю желтой пятнистости были распределены по группам (табл. 2):

– слабовосприимчивые: Москвич, Соратница, Фишт (степень поражения 15–25%; ПКРБ – от 410 до 584 у.е., потери урожая до 8,0%);

– восприимчивые: Веда, Восторг, Гарант, Гранит, Донской маяк, Ермак, Есаул, Зерноградка 10, Конкурент, Ласточка, Память, Селянка, Скифянка, Станичная (степень поражения от 25 до 65%; ПКРБ – от 438 до 752 у.е.; потери урожая до 16,0%);

– высоковосприимчивые: Батько, Виза, Вита, Донской сюрприз, Зерноградка 11, Нота, ПалПич, Памяти Калиненко, Ростовчанка 3, Старшина, Таня (степень поражения от 65 до 100%; ПКРБ – от 784 до 1215 у.е.; потери урожая до 23,0%).

Устойчивость сортов озимой пшеницы к возбудителю септориоза листьев. По степени устойчивости (восприимчивости) к возбудителю септориоза листьев сорта озимой пшеницы были распределены по группам (табл. 2):

– слабовосприимчивые: Веда, Дельта, Красота, Ласточка, Лира, Файл, Фишт (степень поражения до 25%; ПКРБ от 153 до 599 у.е.; потери урожая до 7,0%);

– восприимчивые: Батько, Восторг, Верна, Виза, Вита, Гранит, Гарант, Донской маяк, Донской простор, Донщина, Есаул, Ермак, Зарница, Зерноградка 10, Москвич, Нота, Офелия, Память, Подарок Дона, Ростовчанка 3, Ростислав, Соратница, Селянка, Скифянка, Станичная, Степнячка, Танаис, Таня, Фортуна, Юбилейная 100 (степень поражения от 25 до 65%; ПКРБ от 357 до 749 у.е.; потери урожая до 15,0%);

– высоковосприимчивые: Дока, Донской сюрприз, Зерноградка 11, Конкурент, Крошка, Лига, ПалПич, Старшина (степень поражения от 65 до 100%; ПКРБ от 749 до 1122 у.е.; потери урожая до 20,2%).

Результаты иммунологической оценки позволили выделить сорта, обладающие групповой устойчивостью: Дельта, Красота, Лира, устойчивые к возбудителю пиренофороза, обладают слабой восприимчивостью к возбудителю септориоза; Дока, Зарница устойчивы к возбудителям пиренофороза и бурой ржавчины; Веда, Зерноградка 10, Зерноградка 11, Ростовчанка 5, Степнячка, Танаис, Файл – к двум видам ржавчины; Веда и Фишт, устойчивые к возбудителю бурой ржавчины, слабо восприимчивы к возбудителю септориоза.

Типы устойчивости сортов озимой пшеницы к возбудителю бурой ржавчины. При определении реакции всходов 14 сортов к 12 фенотипам гриба выявлено, что все сорта находятся на различном уровне расоспецифической устойчивости к возбудителю бурой ржавчины. Высоким уровнем расоспецифической устойчивости отличаются Аксинит, Нота, ПалПич, Есаул; средним – Виза, Дон 105, Память, Гранит, Ростовчанка 5; низким – Конкурент, Гарант, Батько, Вояж, Девиз. Поскольку сорта с расоспецифической устойчивостью активно подвержены направленному отбору по вирулентности, это обстоятельство следует учитывать при планировании сортовой структуры и размера посевных площадей.

При инокуляции сортов в фазе выхода растений в трубку восприимчивость к северокавказской субпопуляции гриба с типом реакции 2,3 и 3 балла проявили Память, Виза, Девиз. Остальные сорта были устойчивы к фитопатогену (тип реакции 0; 1, 2 балла). Продолжительность латентного периода болезни на сортах в фазе выхода в трубку колебалась от 9 до 13 дней. Латентный период продолжительностью в 13 дней требовался для проявления пустул на сортах Аксинит, Виза, Гранит, Дон 105, Есаул и Ростовчанка 5. Проявление болезни на сорте Нота отмечалось через 12 дней; на сортах Гарант, Конкурент, ПалПич, Вояж, Девиз – через 11 дней; Память и Батько – через 10 дней. На контрольном по восприимчивости к возбудителю бурой ржавчины сорте Мичиган Амбер появление пустул отмечали через 9 дней после инокуляции.

Высокое значение доли проявившихся пустул (ДПП) отмечено на Мичиган Амбер – 5,58%. На сортах Память и Девиз ДПП соответствовала 2,30 и 3,54%, на сортах Виза,

Аксинит, Батько снижалась от 1,70 до 1,30%. На сортах Конкурент, Ростовчанка 5, Гарант, Гранит, Нота, Есаул, Дон 105, ПалПич, Вояж ДПП была незначительной – в пределах от 0,20 до 0,93%.

Показатели ДПП, ТР и ЛП, полученные при развитии субпопуляции гриба на сортах в фазе выхода в трубку, использовали для расчета индекса устойчивости, по значению которого уточнены типы устойчивости сортов (табл. 3).

Таблица 3. Показатели индекса и степени устойчивости сортов пшеницы к северокавказской субпопуляции *Puccinia triticina*, фаза выхода в трубку, камера искусственного климата, 2007–2008 гг.

Сорт	Индекс устойчивости, φ*	Степень устойчивости сорта
Виза	0,21	Высокая неспецифическая
Батько	0,26	
Девиз	0,52	Умеренная неспецифическая
Память	0,69	
Ростовчанка 5	0,01	Специфическая
Конкурент	0,02	
Гранит	0,02	
Вояж	0,04	
Нота	0,04	
Аксинит	0,05	
Гарант	0,05	
Есаул	0,06	
Дон 105	0,07	
ПалПич	0,07	

*относительно контроля по восприимчивости (сорт Мичиган Амбер), с индексом, принятым за 1,0.

Так, сорта Виза и Батько обладают высокой степенью расонеспецифической устойчивости (φ = 0,21–0,26). Сорта Девиз и Память проявляют умеренную расонеспецифическую устойчивость (φ = 0,52–0,69). Большую группу составляют сорта с расоспецифической устойчивостью (φ = 0,01–0,07): Ростовчанка 5, Конкурент, Гранит, Вояж, Нота, Аксинит, Гарант, Есаул, Дон 105, ПалПич.

При полевой оценке сорта с расонеспецифической устойчивостью характеризуются восприимчивым типом реакции, низкими значениями ПКРБ и снижением массы 1000 зерен. Сорта Батько и Виза с высоким уровнем расонеспецифической устойчивости в полевых испытаниях показали конечную степень поражения 13 и 30%, ПКРБ – 133 и 222 у.е., снижение массы 1000 зерен – 3,58 и 5,00% соответственно. Сорт Память с умеренной расонеспецифической устойчивостью в поле поражался до 21,7%, ПКРБ составляла 272 у.е., масса 1000 зерен снижалась на 6,95%. Сорт Девиз, характеризующийся умеренной расонеспецифической устойчивостью, по данным полевых испытаний, показал ПКРБ, равную 389,6 у.е., и снижение массы 1000 зерен на 1,54%. Эталон по восприимчивости, сорт Мичиган Амбер имел конечную степень поражения 100%, ПКРБ – 1370 у.е., снижение массы 1000 зерен – 16,80%.

Таким образом, изучение типов устойчивости 14 сортов озимой пшеницы, высеваемых на юге России, показало, что они обладают специфической устойчивостью к возбудителю бурой ржавчины или различным уровнем неспецифической устойчивости. Сорта Аксинит, Вояж, Гарант, Гранит, Дон 105, Есаул, Конкурент, Нота, ПалПич, Ростовчанка 5, обладающие специфической устойчивостью, будут способствовать отбору по вирулентности в популяции гриба и вызовут накопление фенотипов, вирулентных к этим сортам. Поэтому для продолжения их эффективного использования необходимо соблюдение мозаичного размещения во времени и пространстве. Сорта Виза, Батько, Девиз, Память,

характеризующиеся различным уровнем неспецифической устойчивости, будут снижать селективное давление на патоген и уменьшать риск эпифитотии *P. triticina.*

Тем не менее, в заключение отметим, что какая бы устойчивость ни использовалась на практике, важно учитывать факторы генетического разнообразия создаваемых сортов по устойчивости, ее прочность и эффективность.

Устойчивость коллекционных образцов озимой и яровой пшеницы, редких видов пшеницы и образцов *Aegilops tauschii* к возбудителям бурой, желтой ржавчины, пиренофороза и септориоза. На основании проведенных исследований выделено 158 источников с устойчивостью к возбудителю бурой ржавчины, 117 – желтой ржавчины, 37 – пиренофороза и 127 – септориоза (табл. 4). Устойчивыми считали образцы, которые в течение трех лет испытаний поражались возбудителями пятнистостей не более чем на 15%, а возбудителями ржавчины – не более чем на 5% и имели тип реакции 0 и 0; 1 балл.

Наибольшую ценность представляют источники с групповой устойчивостью. В изученной выборке озимой мягкой пшеницы выявлено пять образцов с устойчивостью к двум болезням, яровой – один. Среди образцов редких видов пшеницы выделено 87 источников, устойчивых к двум, трем или четырем изученным болезням, что составляет 58% от числа образцов редких видов пшеницы, получивших оценку в данном эксперименте. Так, все образцы культурной однозернянки (*T. monococcum*) были устойчивы к четырем болезням. Почти такую же картину наблюдали для вида *T. timopheevii*. Из 13 образцов данного вида 12 обладали устойчивостью к трем и один – к четырем болезням. Значительное число источников с групповой устойчивостью оказалось среди образцов полбы (*T. dicoccum*) – 38 устойчивых к двум и 20 – к трем болезням. Хотя было проанализировано небольшое число образцов вида *T. persicum*, но все же удалось выявить по одному источнику устойчивости к двум и трем болезням. Среди образцов *T. macha* обнаружено четыре, характеризующихся устойчивостью к двум болезням. Ни один из образцов спельты (*T. spelta*) не обладал групповой устойчивостью. Среди *Aegilops tauschii* Cos. – 14 были устойчивы к двум и 13 – к трем болезням.

Образцы, с групповой устойчивостью (табл. 4), представляют большой интерес для селекции не только в южных, но и в других регионах России.

Таблица 4. Количество изученных и выделенных устойчивых образцов мягкой пшеницы, редких видов пшеницы и эгилопса к возбудителям бурой и желтой ржавчины, пиренофороза, септориоза, инфекционный питомник ВНИИБЗР, 2004–2007 гг.

Вид	Всего изучено образцов	Число образцов, устойчивых к болезням				
		бурой ржавчине	желтой ржавчине	пирено-форозу	септо-риозу	с групповой устой-чивостью
T. aestivum (озимая)	89	26	10	2	3	**5**
T. aestivum (яровая)	103	15	0	2	3	**1**
T. monococcum	10	2	3	0	2	**10**
T. dicoccum	100	74	54	4	35	**58**
T. timopheevii	13	12	13	2	13	**13**
T. persicum	6	2	3	0	2	**2**
T. macha	15	0	4	1	9	**4**
T. spelta	6	0	0	1	4	**0**
Ae. tauschii	51	19	23	15	48	**27**
ВСЕГО	393	158	117	37	127	**120**

Полная информация об оценке испытанных коллекционных образцов пшеницы и ее диких сородичей из ВНИИ растениеводства на устойчивость к комплексу фитопатогенов представлена в Каталоге [4].

Заключение

С целью расширения генетического разнообразия растения-хозяина для усиления селекции пшеницы на групповую устойчивость к возбудителям эпифитотийноопасных болезней в условиях юга России проведена оценка на искусственных инфекционных фонах перспективных сортов озимой пшеницы северокавказской селекции, а также коллекционных образцов пшеницы и ее диких родичей, поступивших из ВНИИР им. Н. И. Вавилова. К *Puccinia triticina* оценено 52 сорта озимой пшеницы, к *Puccinia striiformis* – 48, *Pyrenophora tritici-repentis* – 37, *Septoria tritici* – 45. Устойчивую реакцию на заражение бурой ржавчиной проявили 55,8% изученных сортов, желтой ржавчиной – 25,0%, пиренофорозом – 13,5%, к септориозу устойчивых сортов не выявлено. Выявлены сорта, обладающие групповой устойчивостью.

За период 2004–2007 гг. изучено 393 коллекционных образца пшеницы, ее редких видов и *Aegilops tauschii.* Из них выделено 37 источников устойчивости к возбудителю пиренофороза, 127 – септориоза, 117 – желтой ржавчины и 158 – бурой ржавчины. Наибольшую ценность представляют источники с групповой устойчивостью в количестве 120 образцов.

Изучены типы устойчивости у 14 широко районированных сортов озимой мягкой пшеницы к возбудителю бурой ржавчины. Используя патогенные характеристики гриба выявили наличие специфической устойчивости у сортов Аксинит, Вояж, Гарант, Гранит, Дон 105, Есаул, Конкурент, Нота, ПалПич, Ростовчанка 5; неспецифической – у Батько, Виза, Девиз, Память. Сорта с расоспецифической устойчивостью будут накапливать в популяции гриба вирулентные к ним фенотипы; сорта с неспецифической устойчивостью будут снижать селективное давление на патоген и уменьшать риск эпифитотий. Знание типов устойчивости конкретных сортов пшеницы дает возможность рационального использования их в селекционной практике и в производстве.

Подготовлен и предложен для практического использования Каталог источников устойчивости мировой коллекции ВНИИР им. Н. И. Вавилова к возбудителям бурой, желтой ржавчины, пиренофороза и септориоза для технологии разработки сортимента сортов и гибридов пшеницы с групповой устойчивостью к вредным организмам.

Литература

1. *Анпилогова Л. К., Волкова Г. В.* Методы создания искусственных инфекционных фонов и оценки сортообразцов пшеницы на устойчивость к вредоносным болезням (фузариозу колоса, ржавчинам, мучнистой росе). РАСХН–ВНИИБЗР. Краснодар, 2000. 28 с.
2. *Бабаянц Л. Т., Мештерхази В., Вехтер* Методы селекции и оценки устойчивости пшеницы и ячменя к болезням в странах-членах СЭВ. Прага, 1988. 321 с.
3. *Бессмельцев В. И., Андронова А. Е., Корзаченко Н. Н., Добрянская М В.* Методика создания искусственного фона пиренофороза пшеницы // Региональные рекомендации «Производство экологически безопасной продукции растениеводства». Пущино, 1997. С. 191–194.
4. *Волкова Г. В., Анпилогова Л. К., Андронова А. Е., Кремнева О. Ю., Коваленко Л. С., Ваганова О. Ф. (ВНИИБЗР), Митрофанова О. П., Ляпунова О. А., Зуев Е. В., Хакимова А. Г., Чикида Н. Н. (ВИР).* Каталог источников устойчивости из коллекции пшеницы ВИР к возбудителям бурой и желтой ржавчины, пиренофороза и септориоза для разработки технологии создания сортов и гибридов пшеницы с групповой устойчивостью к вредным организмам. СПб., 2008. 25 с.
5. *Доспехов Б. А.* Методика полевого опыта. М.: Колос, 1973. 336 с.
6. *Макаров А. А., Соломатин Д А., Стрижекозин Ю. А.* Лабораторный метод выявления частичной (расонеспецифической) устойчивости пшеницы к бурой ржавчине // Сб. метод. рек. по защите раст. СПб., 1998. С. 148–152.
7. *Макаров А. А., Коваленко Е. Д., Соломатин Д А., Моторина Н. М* Методы полевой и лабораторной оценки неспецифической устойчивости растений к болезням // Матер. науч. семинара «Типы устойчивости растений к болезням». СПб., 2003. С. 17–24.
8. *Пыжикова Г. В., Санин С. С., Санина А. А.* Диагностика, учет и защитные мероприятия против септориоза пшеницы // Рекомендации. М.: Агропромиздат, 1988. 36 с.

9. *Степанов К. М., Чумаков А. Е.* Разработка долгосрочного прогноза ржавчины хлебных злаков и его проверка в производственных условиях / Кн. К. М. Степанова. «Грибные эпифитотии». Л.: ВИЗР, 1960. 471 с.
10. *Rees R. G., Platz G. J., Mayer R. J.* Susceptibility of Australian wheats to *Pyrenophora tritici-repentis* // Aust. J. Agric. Res. 1987. P. 141–151.
11. *Wilcoxson R. D., Atif A. H., Skowmand B.* Slow rusting of wheat varieties in the field correlated with stem rust severity on detached leaves in the greenhouse // Plant Dis. Rep., Beltsville, 1974. V. 58, № 12. P. 1085–1087.

ПОИСК ЭФФЕКТИВНЫХ ИСТОЧНИКОВ УСТОЙЧИВОСТИ МЯГКОЙ ПШЕНИЦЫ К *SEPTORIA NODORUM* BERK. В УСЛОВИЯХ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ И ИЗУЧЕНИЕ ИХ ДОНОРСКИХ СВОЙСТВ

Е. А. Волуевич[1], А, А. Булойчик[1], С. И. Гриб[2], В. С. Борзяк[1]
[1]Институт генетики и цитологии НАН Беларуси, Минск, Беларусь, e-mail: A.Buloichik@igc.bas-net.by
[2]Научно-практический центр НАН Беларуси по земледелию», Жодино, Беларусь

Резюме

В полевых условиях Минской обл. оценена коллекция мягкой яровой и озимой пшеницы к септориозу на естественном и искусственном инфекционном фонах (400 образцов) и выделены устойчивые формы. В лабораторном эксперименте у 95 сортов проанализирована ювенильная резистентность.

Изучены донорские свойства у 8-ми сортов яровой пшеницы, устойчивых к септориозу на стадии проростка, по наследованию признака «длина некротического пятна» в F_2 гибридов, полученных при скрещивании этих сортов с восприимчивыми родительскими формами Иволга и Chinese Spring.

THE SEARCH FOR EFFECTIVE SOURCES OF COMMON WHEAT RESISTANCE TO *SEPTORIA NODORUM* BERK. UNDER CONDITIONS OF BELARUS AND STUDY OF THEIR DONOR PROPERTIES

E. A. Voluevich[1], A. A. Buloichik[1], S. I. Grib[2], V. S. Borzyak[1]
[1]Institute of Genetics and Cytology, NASB, Minsk, Belarus, e-mail: A.Buloichik@igc.bas-net.by
[2]Research and Practical Centre for Agriculture, NASB, Zhodino, Belarus

Abstract

The collection of common spring and winter wheat was screened for resistance to *Septoria* disease against the natural and artificial infection backgrounds (400 accessions) in field conditions of the Minsk Region and resistant forms were selected. Juvenile resistance was analyzed in 95 cultivars in the laboratory experiment.

8 spring wheat cultivars with *Septoria*-resistance at the stage of sprouts were studied for their possibility to transmit the 'length of necrotic spot' trait to F_2 of hybrids produced by crossing these cultivars with susceptible parental forms Ivolga and Chinese Spring.

Значительным резервом повышения продуктивности основной зерновой культуры мира – пшеницы – может быть снижение ущерба от септориозной пятнистости, вызываемой *Septoria nodorum* Berk. Недобор урожая зерна от этой болезни составляет при умеренном поражении посевов 9–14%, а в годы эпифитотий 32–-55% [6]. В Республике Беларусь эпифитотии септориоза происходят практически ежегодно [12] и могут приводить к снижению урожая зерна до 20–30% [3]. В последнее время наблюдается почти повсеместное усиление развития септориоза.

Наиболее рентабельным и экологически чистым способом борьбы с этой болезнью является выведение и возделывание резистентных сортов. Полностью иммунных к

септориозу сортов пшеницы не обнаружено, все они в той или иной степени поражаются патогеном. Уровень видового иммунитета мягкой пшеницы к *S. nodorum* невысок. По данным лабораторных и полевых оценок из 205 сортообразцов *Triticum aestivum* L. только 3% обладали устойчивостью к болезни [5]. При испытании на сильном инфекционном фоне в полевых условиях 296 образцов мягкой яровой пшеницы, происходящих из 27 стран мира, было выделено лишь 10, у которых в течение двух лет поражение флагового листа не превышало 30% [8].

Селекция пшеницы на устойчивость к *S. nodorum* – сложный и длительный процесс. Это связано не только с низким уровнем видового иммунитета, но и со сложной наследуемостью признака, существованием независимого генетического контроля компонентов частичной устойчивости и толерантности, частой сцепленностью резистентности с нежелательными агрономическими признаками [10, 15]. Тем не менее, рядом авторов показано участие индивидуально действующих генов в детерминации устойчивости к *S. nodorum* некоторых высокорезистентных образцов.

Впервые о наследовании признака септориозоустойчивости сообщили Laubscher с соавторами [13]. У высокорезистентной линии 62/345 они предположили наличие доминантных генов устойчивости. Frecha [11] описал моногенное доминантное наследование устойчивости у озимого сорта Atlas 66. Wong и Hughes [16] установили моногенный рецессивный контроль проростковой устойчивости у трех озимых сортов. Моносомный анализ показал, что резистентность сорта Red Chief определяется одним частично рецессивным геном, локализованным в хромосоме 3A. Устойчивость образца EE 8 обусловливалась действием двух частично рецессивных генов, один из которых локализован в хромосоме 3A, а другой, менее эффективный, – в 2A [14].

Лупей и др. [4] исследовали генетический контроль устойчивости к *S. nodorum* у линии мягкой яровой пшеницы Transec. С использованием метода одновременного заражения гибридных растений изолятом возбудителя септориоза и клоном возбудителя бурой ржавчины, авирулентным к гену *Lr25*, было установлено, что высокая степень резистентности этой линии к *S. nodorum* связана с присутствием в ее геноме частично рецессивного гена, который локализован на пшенично-ржаной транслокации T4BS.4BL-5RL либо тесно сцеплен с ней. Частота трансмиссии транслокации у гибридов F_2 существенно снижена. Выявлено, что на фоне цитоплазмы *Ae. kotschyi* частота выщепления септориозоустойчивых фенотипов повышается.

Булойчик и соавторы изучили генетическую природу устойчивости к септориозу 18 озимых сортов мягкой пшеницы на ранней стадии онтогенеза [1]. Из них более эффективными донорами устойчивости являются сорта Burgas 2 и Jamhill, имеющие по одному рецессивному гену устойчивости, и сорта Flex, Hand, Sage, несущие по два рецессивных гена. Септориозоустойчивость остальных 13 сортов контролировалась 3–4 генами, проявляющими сложное взаимодействие.

С целью поиска эффективных источников устойчивости мягкой пшеницы к белорусской популяции *Septoria nodorum* Berk. в лаборатории генетики фитоиммунитета в течение ряда лет была собрана коллекция, включающая 400 сортов и линий мягкой яровой и озимой пшеницы. Основные поступления коллекции составляют образцы, полученные из ГНЦ РФ Всероссийского научно-исследовательского института растениеводства им. Н. И. Вавилова. Исследования септориозоустойчивости мягкой пшеницы проводятся нами более 10 лет.

Источники ювенильной устойчивости выявляли при искусственном заражении растений, выращенных в горшочках с почвой. В качестве инокулюма использовали водную суспензию, приготовленную из смеси 5 моноспоровых изолятов, выделенных из белорусской популяции гриба. Учитывали процент поражения болезнью первого листа проростка. Из 95 исследованных сортообразцов выделили 14 форм, степень развития септориоза на которых не превышала 30%. Более высокой устойчивостью обладали бразильские сорта Frondoso, Toropi и американские Coastal, Anderson (развитие болезни в зависимости от сорта составляло 2,0–5,9%).

Полевую оценку устойчивости к болезни проводили на искусственном инфекционном фоне: опрыскивали растения в стадии колошения – цветения суспензией из 5 изолятов патогена. Спустя 20 дней после заражения учитывали степень развития болезни на флаговом листе и колосе по шкале Bronnimann [9]. По данным двухлетней оценки (1996–1997 гг.) большинство яровых сортов имели пораженность болезнью от 50 до 80% как на флаговом листе, так и на колосе. В группу относительно устойчивых вошло 7 сортов из 31. Это бразильские сорта Colotana 266/51, Frondoso, Toropi, два из США: Anderson, Coastal, турецкий сорт Ziraat Fak Kutuk и австралийский Transec. Степень развития септориоза на флаговом листе у этих сортов не превышала 30%, на колосе 10%. Эти же сорта были сравнительно устойчивыми и на ранней стадии развития растений. Пораженность первого листа проростка составляла не более 30%.

По данным однолетней оценки 62 сортов озимой мягкой пшеницы выделились как относительно устойчивые сорт Белорусская 25 (степень развития септориоза 10% на флаговом листе, 30% на колосе) и ППГ 599 (20 и 30% соответственно на флаг-листе и колосе). Однако на ранней стадии онтогенеза сорт Белорусская 25 был высоковосприимчив. Степень развития септориоза на первом листе проростка этого сорта составляла 75%, в то время как у ППГ 599 она была значительно ниже – 22%.

В 2006 и 2008 гг. проанализировали устойчивость к септориозу 186 сортообразцов мягкой яровой пшеницы в условиях естественного инфекционного фона на биологической опытной станции ГНУ «Институт генетики и цитологии НАН Беларуси» (Минская обл.). Оценивали процент развития болезни на третьем листе сверху в фазе начало колошения – цветение и флаговом листе в фазе молочно-восковая спелость по шкале Гешеле [2]. Выделилось 18 форм, резистентных на обеих стадиях онтогенеза (табл. 1). Максимальная пораженность восприимчивых сортов не превышала 25%.

Таблица 1. Сорта и линии мягкой яровой пшеницы с высокой степенью устойчивости к септориозу по годам

№ п/п	Сорт (образец)	Номер по каталогу ВИР	Поражение септориозом, %		
			третий лист сверху	флаг-лист	
			2006	2006	2008
1	Broom	к-59448	5	5	5
2	Cesar	к-52354	5	5	5
3	Maris Dove	к-52337	5	0–5	5
4	Torka		5	0	5
5	Torre	к-45012	5	5	5
6	Torres	к-59817	5	0–5	5
7	Transec	CI-14189	5	5	5
8	Wembley / *Ae. speltoides*		5	0–5	5
9	William		5	0–5	5
10	WW 17310	к-52330	5	5	5
11	WW 19179	к-57741	5	0–5	5
12	Белянка	к-63054	5	0–5	5
13	Вега	к-52777	5	0	5
14	Виза		5	0	5
15	Далеч		5	0	5
16	Мироновская 808	к-43920	5	0–5	5
17	Сомаклон 615-1		5	0–5	–
18	Харьковская 46	к-41604	5	5	–

В 2008 г. оценили устойчивость к естественной популяции возбудителя септориоза 219 сортообразцов мягкой озимой пшеницы и выделили 12 высокоустойчивых сортов (табл. 2).

Таблица 2. Сорта и линии мягкой озимой пшеницы с высокой степенью устойчивости к септориозу, 2008 г.

№ п/п	Сорт (образец)	Номер по каталогу ВИР	Поражение септориозом, %	
			третий лист сверху	флаг-лист
1	AS-1		0–5	5
2	Bounty-GBR	к-56372	5	5
3	Bulgarian	к-41059	0–5	5
4	Buster	к-63911	5	5
5	Folke	к-58036	0–5	5
6	Haven	к-61491	5	5
7	Haven / *T. dicoccoides*		0	0–5
8	Hohenthurmer 6921/68	к-50620	5	5
9	Lynx	к-63919	5	5
10	Mercia	к-59553	5	5
11	Vega	к-63885	5	5
12	Xanthos	к-63972	5	0–5

Следует отметить, что сорт SC-60-5723 был устойчив на стадии проростка, а также при испытании на искусственном инфекционном фоне в 1997 г. В условиях 2008 г. этот сорт поразился на 15% при оценке третьего листа, а на флаговом листе степень развития септориоза составила 0–5%. В то же время белорусский сорт яровой пшеницы Виза был восприимчив на стадии проростка, а также при искусственном заражении в полевых условиях в 1996–1997 гг., но проявлял устойчивость на естественном инфекционном фоне в 2006 и 2008 гг.

С целью изучения донорских свойств некоторых выделенных источников устойчивости получили гибриды от скрещивания группы резистентных на ювенильной стадии сортов с восприимчивыми родительскими формами – Иволга и Chinese Spring. Оценку устойчивости гибридов F_2 и исходных родительских форм проводили с использованием методики капельной инокуляции отрезков листьев 9-дневных проростков. Для этого растения выращивали в климатической камере при температуре 20–22°С, освещенности 10 000 лк и фотопериоде 16 ч. в эмалированных кюветах на слое ваты, смоченной водой. Из дистальной части первого листа вырезали сегмент длиной 3 см. Отрезки листьев гибридов каждой комбинации скрещивания и родительских сортов раскладывали в эмалированные кюветы на слой 0,7% агара с добавлением 40 мг/л бензимидазола. В качестве инокулюма использовали суспензию пикноспор высокоагрессивного изолята № 9М *S. nodorum*.

Заражали путем нанесения микродозатором в центр каждого сегмента листа капли инокулюма объемом 3 мкл с концентрацией 10^6 спор/мл. В инокулюм добавляли Tween 80 (1 капля/100 мл) для того, чтобы капли не скатывались с отрезков. Кюветы с листьями помещали в полиэтиленовые пакеты, в течение суток инкубировали на рассеянном свету при комнатной температуре, а затем переносили в климатическую камеру. Через 7 дней после заражения измеряли длину образовавшихся некротических пятен, просматривая их под бинокуляром с окуляр-микрометром при увеличении 16×.

По реакции на заражение гибриды F_2 были поделены на два класса: относительно устойчивые и восприимчивые. В качестве границы между классами приняли максимальное значение длины инфекционного пятна, развивающегося на отрезках устойчивого родителя. Для сравнения полученных расщеплений с теоретически ожидаемыми использовали критерий χ^2 [7].

Оценка устойчивости к септориозу гибридов F_2 не выявила дискретного расщепления на четкие классы по длине некротического пятна. Гибридных растений, значительно отличающихся по этому признаку от исходных устойчивых или восприимчивых родительских форм, обнаружено не было.

В большинстве проанализированных комбинаций скрещивания относительно устойчивые сегреганты составляли более 30% от общего числа растений.

Анализ расщепления в F_2 гибридов, полученных с участием сорта Toropi и интрогрессивной линии ИЛ-1, показал соответствие теоретически ожидаемому расщеплению 25 : 39 (табл. 3). Такое наследование отмечалось вне зависимости от генотипа использованного восприимчивого родителя. Следовательно, признак резистентности к септориозу у этих устойчивых форм контролируется тремя генами: основным геном устойчивости и двумя генами-модификаторами, влияющими на экспрессию основного гена.

Таблица 3. Расщепление по устойчивости к изоляту № 9М возбудителя септориоза в F_2 гибридов, полученных с участием яровых сортов мягкой пшеницы

Комбинация скрещивания	Проанализировано растений		Схема скрещивания	χ^2
	всего	% устойчивых		
Chinese Spring × Toropi	322	39,75	27 : 37	0,78
			25 : 39	0,06
			94 : 162	1,27
Иволга × Toropi	195	34,87	21 : 43	0,38
			25 : 39	1,44
			94 : 162	0,29
Chinese Spring × Coastal	324	30,56	21 : 43	0,75
			19 : 45	0,12
			81 : 175	0,18
			73 : 183	0,66
Иволга × Coastal	557	33,57	21 : 43	0,15
			81 : 175	0,96
			91 : 165	0,95
Chinese Spring × Frondoso	394	53,81	9 : 7	0,96
			37 : 27	2,59
Иволга × Frondoso	404	31,44	21 : 43	0,35
			19 : 45	0,59
			81 : 175	0,01
Chinese Spring × ИЛ-1	133	40,60	7 : 9	0,54
			27 : 37	0,14
			25 : 39	0,13
Иволга × ИЛ-1	317	37,22	27 : 37	3,20
			25 : 39	0,45
Chinese Spring × Coker 47-27	279	40,50	7 : 9	1,20
			27 : 37	0,33
			25 : 39	0,24
Иволга × Coker 47-27	303	39,27	7 : 9	2,47
			27 : 37	1,05
			25 : 39	0,01
Chinese Spring × Mara	139	52,52	9 : 7	0,79
			37 : 27	1,60
Иволга × Mara	496	29,23	21 : 43	2,88
			19 : 45	0,05
Иволга × Cotipora	365	30,68	21 : 43	0,75
			19 : 45	0,17
Иволга × Fiume	299	40,47	7 : 9	1,31
			27 : 37	0,36
			25 : 39	0,25

При гибридизации сорта Coastal с восприимчивыми сортами расщепление в F_2 соответствовало схеме 21 : 43, что свидетельствует о наличии у данного сорта одного основного гена и двух комплементарных генов-ингибиторов.

У сортов Frondoso и Mara в комбинациях скрещивания с сортом Chinese Spring соотношение устойчивых и восприимчивых растений в F_2 соответствовало схеме 9 : 7. Таким образом, резистентность этих сортов к септориозу обусловлена взаимодействием двух доминантных комплементарных генов устойчивости. Однако при скрещивании с восприимчивым сортом Иволга обнаружено соответствие теоретически ожидаемому расщеплению 19 : 45 или 21 : 43.

Это свидетельствует о возможности участия в контролировании признака септориозоустойчивости трех генов, что обусловлено особенностями генетического фона восприимчивого родителя. При расщеплении 19 : 45 резистентность контролируется одним основным геном и двумя комплементарными дупликатными генами. Если принять расщепление 21 : 43, то признак контролируется одним основным геном и двумя комплементарными генами-ингибиторами. Аналогичную генетическую природу устойчивости к септориозу имеет и сорт Cotipora.

Схема расщепления по устойчивости к септориозу гибридов F_2, полученных с участием сорта Coker 47–27, соответствует 7 : 9, что свидетельствует о контроле признака двумя рецессивными генами по типу двойного рецессивного эпистаза. Такая же генетическая природа резистентности обнаружена и у сорта Fiume.

Таким образом, на основании изучения наследования проростковой устойчивости к септориозу установлено, что более эффективными донорами этого признака являются сорта Coker 47–27 и Fiume, которые имеют по два рецессивных гена резистентности, в то время как у остальных 6 сортов идентифицируется не менее 3 генов, проявляющих сложное взаимодействие.

Выявленные источники и доноры устойчивости мягкой пшеницы к септориозу могут быть использованы в селекции на резистентность.

Литература

1. *Булойчик А. А., Борзяк В. С., Волуевич Е. А.* Наследование устойчивости к *Septoria nodorum* Berk. у сортообразцов озимой мягкой пшеницы // Междунар. науч. конф. «От классических методов генетики и селекции к ДНК-технологиям» (2–5 октября 2007 г., г. Гомель). Минск: ИООО «Право и экономика», 2007. 13 с.
2. *Гешеле Э. Э.* Основы фитопатологической оценки в селекции растений. М.: Колос, 1978. 206 с.
3. *Коптик И. К.* Методы и результаты селекции озимой пшеницы в Белоруссии // Теоретич. основы селекции зерновых культ. на продуктивность. Минск: Наука и техника, 1987. С. 239–24.
4. *Лупей А. Ю., Волуевич Е. А., Булойчик А. А.* Влияние плазмона на наследование устойчивости к *Septoria nodorum* Berk. у мягкой пшеницы// Цитол. и ген. 2000. Т. 34, № 3. С. 15–20.
5. 5. *Максимов И. В.* Изучение факторов устойчивости пшеницы и эгилопса к септориозу: Автореф. дис. ... канд. биол. наук: 06.01.11 СПб.: ВНИИЗР, 1994. 21 с.
6. *Пыжикова Г. В., Тушинский Г. Ю.* Доля снижения вредоносности септориоза // Защита растений. 1985. № 9. С. 15–16.
7. *Рокицкий П. Ф.* Биологическая статистика. Минск: Вышэйшая школа, 1967. 328 с.
8. *Шаймярдянов Н. А., Коновалов Ю.* Характеристика исходного материала для селекции мягкой яровой пшеницы на устойчивость к септориозу // Изв. Тимирязев. с.-х. акад., 1990.
9. *Bronnimann A.* Entwicklung der Kenntnisse uber *Septoria nodorum* Berk. in Hinblick auf die Toleranz- oder Resistenzzuchtung bei Weizen // Neth. j. Agric. Sci. 1982. V. 30, № 1. P. 47–67.
10. *Doussinault G.* Parasites necrotrophes: nature des resistances utilisables et selection; points de vue du phytopathologiste et du selectionneur // Les Colloques de l'INRA. 1986. № 35. P. 81–90.
11. *Frecha J. H.* The inheritance of resistance to *Septoria nodorum* in wheat // Bol. Gen. Inst. Fitotec. Castelar. 1973. № 8. P. 29–30.
12. *Grib S. I., Budevich G. V., Baturo S. A.* Wheat and triticale *Septoria* in Belarus // Hod. Rosl. Aklim Nasien. 1994. V. 38, № 3/4. P. 69–71.
13. *Laubscher F. X., von Wechmar B., van Schalkwyk D.* Heritable resistance of wheat varieties to glume blotch (*Septoria nodorum Berk.*) // Phytopathol. Z. 1966. V. 56, № 3. P. 260–264.

14. *Ma H., Hughes G. R.* Genetic studies of resistance to *Septoria* nodorum blotch in hexaploid wheat // Hod. Rosl. Aklim. Nasien. 1994. V.38, № 3/4. P. 209–212.
15. *Rosielle A. A., Brown A. G. P.* Selection for resistance to *Septoria nodorum* in wheat // Euphytica. 1980. V. 29, № 2. P. 337–346.
16. *Wong L. S. W., Hughes G. R.* Genetic control of seedling resistance to *Leptosphaeria nodorum* in wheat // Proc. 3rd Int. Workshop: *Septoria* Diseases of Cereals. Zurich, Switzerland (July 4–7, 1989). 1989. P. 136–138.

НОВЫЙ ИСХОДНЫЙ МАТЕРИАЛ ЗЕРНОВЫХ КУЛЬТУР ДЛЯ АРИДНОЙ ЗОНЫ ПРИКАСПИЯ

Е. В. Гайдамакина, Н. В. Тютюма, И. И. Климова
Государственное научное учреждение Прикаспийский научно-исследовательский институт аридного земледелия, с. Соленое Займище Астраханской области

Резюме

В результате научных исследований, проведенных на полях Прикаспийского НИИ аридного земледелия выделены перспективные сортообразцы зерновых культур адаптированных к местным условиям аридной зоны Прикаспия.

NEW SOURCE MATERIAL OF CEREAL CROPS FOR THE NEAR-CASPIAN ARID ZONE

E. V. Gaydamakina, N. V. Tyutyuma, I. I. Klimova
Near-Caspian Research Institute of Arid Agriculture, Solenoye Zaymische Village, Astrakhan Province, Russia

Abstract

As a result of the research work carried out in the fields of the Near-Caspian Institute of Arid Agriculture, promising varieties have been identified among the cereal crop samples adapted to the local arid environments of the Near-Caspian area.

Введение

В комплексе мероприятий по разработке зональных систем земледелия одна из основных задач в повышении продуктивности сельскохозяйственных культур принадлежит подбору и созданию новых сортов, сочетающих высокую продуктивность и качество. Для Астраханской области с ее недостаточным и не устойчивым увлажнением важное значение приобретают засухо- и жаростойкость сортов пшеницы, тритикале, ячменя. Сухостепные районы характеризуются, прежде всего, чередованием весенней и летней засухи по годам. Поэтому в селекционной работе большое значение имеет создание как скороспелых сортов, уходящих от вредного действия ранней засухи, так и сортов, использующих осадки второй половины лета.[3]

Целью исследований было выделение и создание нового исходного материала яровой и озимой пшеницы, озимой тритикале, ярового ячменя, овса, адаптированного к местным природно-климатическим условиям и обладающего высокой продуктивностью, качеством зерна, устойчивостью к болезням и вредителям.

Материал и методы

Объектами исследования в 2003-2008 гг. служили коллекционные образцы яровой пшеницы (344 образца); озимой пшеницы (90 обр.); озимой тритикале (50 обр.); пивоваренного ячменя (16 обр.); овса (15 обр.).

Проводились наблюдения за продолжительностью вегетационного периода и его фаз, кустистостью, ростом растений, облиственностью; определялись величины основных элементов структуры урожая, а также проводилась оценка устойчивости к засухе, болезням и вредителям, полеганию.

Структура урожая изучалась по пробным снопам, взятых с делянки (40 растений) перед уборкой. Исследовали количество продуктивных и не продуктивных стеблей, число зерен в главном колосе, число колосков в колосе, плотность колоса, массу зерна с главного колоса, массу 1000 зерен. Наблюдения проводили по методике ВИР.

Агротехника опытов была общепринятой для данной зоны. Изучаемые образцы размещали по черному пару. Образцы высевали в четырехкратной повторности на делянках 12 $м^2$, стандарты размещали через 20 номеров. В качестве стандарта использовали районированные и перспективные сорта: пшеницы – Камышинская-3, Донщина; тритикале – Праг 1; овес – Льговский 1026; ячмень – Южный.

Результаты и обсуждение

Вегетационный период яровой пшеницы имеет тенденцию к сокращению под влиянием засухи, поэтому наша коллекция была относительно скороспелой. В среднем за годы исследований вегетационный период составил 80 дней. По группам спелости отмечено значительное варьирование от 65 до 95 дней. Наиболее скороспелыми были сорта: Саратовская 42, Грекум 787, Сибирячка 4 из Казахстана; Грекум 289, Актюбе 39, Псевдотурцикум 2115 из Канады; Red Bobs из Мексики; Gem из США; Ceres. Эти сорта созревали в числе первых, а выколашивались в мае или в первых числах июня, раньше стандарта Камышинская 3 на 4-8 дней.

Высота растений колебалась от 50 до 105см. Средняя высота образцов составила 77,5 см. Все образцы были устойчивы к полеганию.

По продуктивной кустистости образцы варьировали от 2 до 5 стеблей в зависимости от сорта и густоты стояния. Большинство образцов, такие как Омская 20, Росинка 2, Саратовская 70, Иртышанка 10, имели продуктивную кустистость 3-5 стеблей на 1 растение.

По длине колоса образцы изменялись от 5,6 до 12,8 см, что в среднем составило 9,2 см. Число зерен в колосе колебалось от 13 до 32 зерен. Наибольшая озерненность колоса в текущем наблюдалась у следующих образцов%: Дружина (Россия), Иртышанка 10 (Россия), Актюбе 39 (Казахстан), Саратовская 46 (Россия).

Масса зерна с колоса в среднем составила 0,9 г, масса 1000 зерен – от 11,9 до 42,2 г.

По урожайности зерна образцы так же сильно варьировали в зависимости от происхождения. Превысили стандартный сорт Камышинская 3 (1,2 т/га) следующие образцы: Омская 20, Саратовская 66, Дружина, Башкирская 24, Росинка 2, Белянка, Грекум 289, Сибирячка 4 и др. Их урожайность в среднем составила 2,1 т/га.

Весьма актуальным является изучение и выделение наиболее перспективных сортообразцов озимых пшениц и озимой тритикале в аридной зоне Прикаспия.

Посев озимых культур в основном был проведен в первой декаде сентября, глубина заделки семян 0-5 см.

Условия формирования и пути повышения урожайности озимых культур нельзя рассматривать в отрыве от природно-климатических особенностей района и погодных условий конкретного года. Осенняя погода оказывает большое влияние на перезимовку и урожай этих культур. Дождливая холодная осень неблагоприятно отражается на перезимовке и величине урожая озимых культур.

Продолжительность периода «возобновление вегетации – колошение» у зерновых культур определяется в основном температурой воздуха и длиной дня. Длительность этого периода является устойчивым сортовым признаком и обусловлена биологическими особенностями сортов. Поэтому сроки колошения гораздо лучше характеризуют сорта зерновых культур по скороспелости. Анализ данных фенологических наблюдений в наших опытах показал, что изучаемые образцы различались по продолжительности периода.

Продолжительность периода «возобновление вегетации – колошение» у озимой тритикале оставила 48 дней. В зависимости от продолжительности периода выделились три группы: ранне-, средне- и позднеспелые.

В группу скороспелых вошли сортообразцы: тритикале ПРАГ-341, ПРАГ-347, ПРАГ-52, Легион, Каскад, Гренадер (45 дней); озимая пшеница Губернатор Дона, Девиз, Вояж; группу среднеспелых составляют ПРАГ-414, ПРАГ-161, Водолей, Каприз, Корнет (50 дней); озимая пшеница Волжская 22, Камышанка 3, Марафон; группу позднеспелых: ПРАГ-4, Линия 14, АДМ12, Устинья, Зерновой гигант (53 дня). Озимая пшеница: Зарница, Донской сюрприз. У стандартного сорта Донщина продолжительность этого периода составила 50 дней.

В условиях Астраханской области период «колошение – созревание» зерновых культур проходит при воздействии высокой температуры 16-20°С и низкой влажности 50%, значения которых существенно отличаются от оптимальных для данного периода. Поэтому данный период, как правило, значительно короче периода «возобновление вегетации – колошение». По количеству дней он является значительно более варьирующим в зависимости от условий года. В наших опытах данный период изменялся от 25 до 38 дней. Большинство сортов созревали позже стандартных сортообразцов.

Продолжительность периода колошение-созревание у ПРАГ-4 составила 25 дней, на один день позже отмечено созревание лишь у 2-х образцов: ПРАГ-341, ПРАГ-347. У стандартного сорта Донщина этот период длился 17 дней.

Самый продолжительный период «возобновление вегетации-созревание» был у сортообразцов: тритикале – ПРАГ-414 (89 дней), ПРАГ-161 (90 дней), Линия 17 (91 день), Студент (90 дней), Руслан (88 дней), озимая пшеница Амазонка (86 дней), Спартак (90 дней), Гарант (90 дней). Самыми короткими периодами характеризовались сорта: тритикале – ПРАГ-4, Легион, Каскад, Бард (78 дней), озимая пшеница – Девиз, Вояж, Станичная (76 дней). У стандартного сортообразца Донщина этот период составил 96 дней.

Высота растения в наших опытах колебалась от 65 до 100 см, и все образцы показали высокую устойчивость к полеганию.

Большинство образцов тритикале и озимой пшеницы по продуктивной кустистости не уступали пшенице Донщина, в среднем они образовывали 3-4 продуктивных стебля.

Длина колоса варьировала от 10 до 16 см, а число колосков от 15 до 50. В целом раннеспелые образцы уступали позднеспелым по длине колоса на 2-3 см.

Урожайность – основной показатель, характеризующий хозяйственную ценность сорта в конкретных условиях. Он отражает биологические особенности сорта, а также влияние метеорологических, почвенных и агротехнических факторов. При современных подходах к интенсификации растениеводства зависимость урожайности от условий внешней среды не только ослабевает, но и усиливается.

В аридных условиях Прикаспийской низменности величина урожайности изученных образцов значительно варьировала в зависимости от географического происхождения, биологических особенностей и погодных условий.

Анализ данных показал, что наиболее урожайными были сортообразцы: Легион, Каскад, ПРАГ-341, ПРАГ-347, их урожайность в среднем составила 1,8 т/га.

Проводилось изучение сортообразцов ярового ячменя в степной зоне с неустойчивым увлажнением. Нами сделана попытка определить напряженность взаимосвязи регулируемых и не регулируемых факторов в агробиоценозе, которая позволит выявлять различные степени адаптации ярового ячменя и стабилизировать повышение его продуктивности без дополнительных затрат [2].

Материалом для исследований служили образцы ярового ячменя. Изучение проводилось в богарных условиях. Образцы высевались на делянках площадью 12 м^2 в 4-х кратной повторности с нормой высева 300 шт./м^2. В качестве контроля высевался сорт Южный.

Наиболее коротким по продолжительности вегетационного периода характеризуется сорт Halikko (84 дня), наиболее продолжительным этот период был у сортов Балтика, Brenda, Henni (88 дней). У стандартного сорта Южный период составил 86 дней.

Структура урожая является биологической моделью любой сельскохозяйственной культуры, показывающей из каких элементов складывается, при какой доле их участия формируется урожай на контрольном поле.

Установлено, что в годы проведения опыта условия жизниобеспеченности растений ячменя были не одинаковые. В результате этого густота продуктивного стеблестоя к уборке варьировала по образцам от 252 до 514 ш/м^2. Более продуктивный стеблестой к уборке наблюдался у сортообразцов Балтика (514 шт./м^2), Sega, (502 шт/м^2), Jnari (492 шт/ м^2).

Масса зерна с единицы площади – показатель, являющийся основным критерием хозяйственной ценности сорта, который связан со всеми элементами продуктивности.

Урожайность колосовых культур зависит от густоты стояния растений, числа зерен и массы 1000 зерен. Каждая из этих величин зависит от уровня агротехники, особенностей сорта, метеорологических условий. Элементы структуры урожая изменялись в зависимости от особенностей сорта. Загущение посевов, как правило, увеличивает количество растений на единицу площади посева с одновременным снижением элементов структуры урожая. В среднем лучшие показатели структуры урожая были у соротообразцов Балтика, Sega, Полетан, Décor.

Между числом зерен в колосе и их весом наблюдается прямая зависимость: чем больше число зерен в колосе, тем больше их масса. Высокая продуктивность растений ярового ячменя в значительной степени зависит от озерненности колоса. Более высокая озерненность была отмечена у сортов Сонет, Jnari, Decor, Sega, Балтика.

Образцы ярового ячменя были оценены на устойчивость к болезням и вредителям. В годы исследований растения ярового ячменя повреждались хлебной пиявицей, клопом черепашкой, жуком кузькой. Засуха препятствует распространению грибных болезней. В наших опытах было отмечено заражение в единичных случаях.

Анализ данных показал, что наиболее урожайными по сравнению с контролем были Балтика (1,2 т/га), Décor (1,3 т/га), Brenda (1,2 т/га), Jnari (1,0 т/га).

Овес – растение умеренного климата. Сумма биологически активных температур в течение вегетационного периода для раннеспелых сортов овса составляет 1300^{0}С, для позднеспелых – 1550^{0}С. Семена его начинают прорастать при температуре 1-2^{0}С. Высокие температуры переносит хуже, чем пшеница и ячмень, поэтому в степных районах юга и юго-востока он имеет наибольшее значение.

Исследуемые образцы овса созревали на 1-3 дня раньше стандартного сорта Льговский 10/26. Самыми скороспелыми по длине вегетационного периода были такие сорта, как Скакун (Ульяновская область), Ursus (Польша) и Валдин 765 (Краснодарский край) – 83 дня, ЛОС-3 (Курская область), Алтайский крупный (Алтайский край) и Синельник-28 (Украина), Panter (Нидерланды) – 84 дня. У стандартного сорта этот период составил 80 дней.

По данным структурного анализа главного колоса засухоустойчивого овса были выделены лучшие сорта по весу зерна с колоса. Это такие, как Madonna, ЛОС-3, Алтайский круп и др., которые превышали стандартный сорт Льговский 10/26 на 0,6-0,8 г. Вышеназванные сорта оказались более адаптивными к данной местности и устойчивыми ко всем типам засух

Масса зерна с колоса является одним из основных элементов структуры урожая и находится в прямой зависимости от числа зерен в колосе и массы 1000 зерен. Максимальное значение массы зерна с колоса составило 1,7 г.

Изучение массы зерна с колоса у образцов показало, что наибольшую массу имели образцы Синельник, Мирный,Veles, которые в среднем дали 1,5 г зерна с колоса. В целом, данный показатель варьировал гораздо меньше, чем озерненность колоса и масса 1000 зерен, так как последние способны компенсировать друг друга.

Конечным итогом любой селекционной работы должно быть получение наиболее урожайных сортов, поэтому образцы оценивались, в первую очередь, на продуктивность.[1] По массе зерна с делянки испытываемые образцы были разделены на три группы: низкопродуктивные (до 100 г с одного м^2); среднепродуктивные (от 100 до 200 г) и

высокопродуктивные (более 200 г). Урожай зерна является главным показателем селекционной ценности сорта, определяющим его пластичность и уровень устойчивости к стрессовым факторам. Более урожайными были образцы: Синельник, Pan, Волдин. Их урожайность составила 1,5 т/га

На основе полученных результатов в годы изучения коллекционных образцов, свидетельствующих о высоком уровне пластичности и адаптационной способности выделенных образцов в сочетании с хорошем уровнем качества зерна, перечисленные выше образцы включены в селекционный процесс и широко используются в скрещиваниях с лучшими районированными сортами Астраханской области.

Литература

1. *Доспехов Б.А.* Методика полевого опыта с основами статистической обработки результатов исследований / Б.А. Доспехов // Изд-е 4-е, перераб. и доп. М.:Колос, 1979. 416 с.
2. *Жученко А.А.* Научные приоритеты развития растениеводства в 21 веке / А.А. Жученко // Вестник РАСХН. 2000. №2. С. 9-13.
3. *Зволинский В.П.* Природные и социально экономические условия развития сельского хозяйства Нижней Волги: Опыт, проблемы, решения.// В.П. Зволинский. М.: Изд-во РУДН, 1991. 47 с.

Посвящается памяти проф. Г. В. Удовенко

ФИЗИОЛОГО-ГЕНЕТИЧЕСКИЙ БАЗИС УСТОЙЧИВОСТИ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ РАСТЕНИЙ К ЭКСТРЕМАЛЬНЫМ УСЛОВИЯМ СРЕДЫ

Э. А. Гончарова

Всероссийский научно-исследовательский институт растениеводства им. Н. И. Вавилова РАСХН, Санкт-Петербург, Россия, e-mail: e.goncharova@vir.nw.ru

Резюме

Представлены теоретические и практические аспекты изучения устойчивости растений к экстремальным условиям среды. На базе изучения генофонда растительных ресурсов раскрыты различные механизмы, определяющие характер и причины устойчивости генотипа. Разработаны и предложены диагностические приемы сортовой оценки для выявления источников хозяйственно ценных признаков для селекции.

PHYSIOLOGICAL-GENETIC BASIS OF PLANT RESISTANCE TO EXTREME ENVIRONMENTAL CONDITIONS

E. A. Goncharova

State Scientific Centre N. I. Vavilov All-Russian Research Institute of Plant Industry of RAAS, St. Petersburg, Russia, e-mail: e.goncharova@vir.nw.ru

Abstract

Theoretical and applied aspects of extreme environmental condition resistance in plants are presented. On the basis of plant recourses genofond study different mechanisms determining character and causes of genotype resistance have been revealed. Diagnostic procedures of variety evaluation have been worked out and proposed to reveal sources of valuable traits for breeding.

ВИР им. Н. И. Вавилова – один из научных центров первоначального зарождения, становления и истока к распространению в СССР и в мире учения о физиологии устойчивости растений к экстремальным почвенно-климатическим условиям. Обобщения по этим проблемам изложены в ряде монографических работ крупных физиологов, работавших в ВИРе.

Исследования в области устойчивости растений к стрессам начались в ВИРе с середины 20-х годов прошлого века, со времени организации отдела физиологии растений, которым руководили известные ученые Н. А. Максимов (1924–1933) и И. И. Туманов (1933–1941). Под их руководством были развернуты широкие исследования засухо- и морозоустойчивости растений (в основном – зерновых злаков), результаты которых дали принципиально новый вклад в теорию познания и методологии диагностики устойчивости растений к стрессам, не утративший своего значения и до настоящего времени.

После большого перерыва, благодаря усилиям директора Института академика Д. Д. Брежнева, эти исследования возобновились лишь с 1966 г. в связи с организацией отдела физиологии устойчивости растений. С 1967 г. этим отделом руководил профессор Г. В. Удовенко, который организовал и в течение 35 лет возглавлял систематические физиолого-генетические исследования стресс-устойчивости мирового генофонда культурных растений и их диких сородичей к абиотическим стрессам. Особое внимание было обращено на различие механизмов адаптации растений на разных уровнях их организации [10].

В институте не только восстановилось общее направление изучения устойчивости растений к стрессам (физиологические основы засухо- и морозостойкости зерновых злаков, разработка лабораторных методов диагностики ее уровня и инвентаризация с их помощью генофондов этих видов сельскохозяйственных культур), но значительно расширился и спектр исследуемых типов абиотических стрессов (соле-, жаро-, холодо- и кислотоустойчивость), а также набор видов сельскохозяйственных культур (зерновые, зернобобовые, овощные, плодовые, ягодные, цитрусовые, кормовые травы, аридные) и тематические проблемы (эволюционно-экологические основы формирования адаптивности, генетические закономерности детерминации и наследования стрессовой устойчивости) [5, 8, 13].

Солеустойчивость культурных растений являлась одной из важнейших проблем целого комплекса сельскохозяйственных наук и она особо интересовала Г. В. Удовенко. И хотя в 50–60-е годы по различным аспектам солеустойчивости сельскохозяйственных растений публиковалось большое число работ, обобщенных в ряде монографий и сводок (Строгонов, 1962; Генкель, 1967, и др.), Г. В. Удовенко пополняет их новыми интересными данными. Анализ их был важен для дальнейшего развития этой проблемы, включающей как теоретические, так и практические ее аспекты. Так было показано [9], что в условиях засоления у растений изменяются важнейшие для их жизнедеятельности физиологические и метаболические функции: водно-осмотический режим, белковый и энергетический обмены, фотосинтетические процессы и т. д.; однако степень изменения этих параметров у сортов и видов растений различна, что отражается на разном снижении их продуктивности в одинаковых условиях засоления.

Кроме того, солеустойчивость сортов и видов растений зависит от их микроэволюции и экологии среды. Знание последних, по мнению Г. В. Удовенко, позволяет правильно осуществлять сорторазмещение и подбирать доноры высокой солеустойчивости для селекционных целей [2, 9].

Как критерий оценки солеустойчивости сельскохозяйственных растений автор предлагал рассматривать отношение урожая сорта при засолении к урожаю без засоления; при разном уровне засоления почвы это отношение изменяется.

Для определения эффективности агротехнических и селекционных приемов повышения солеустойчивости растений, а также для сравнительной сортовой оценки устойчивости в интродукционных целях были разработаны и применены различные методы и подходы диагностики [5, 11, 12].

Далее экспериментально показано, что уровень солеустойчивости сортов и видов растений связан с экологическими условиями места их происхождения и основного ареала возделывания. Этот вывод подтвержден сравнительными исследованиями солеустойчивости более тысячи сортов сельскохозяйственных культур различных семейств из мировой коллекции ВИРа. Установлено, что солеустойчивость испытываемых культур достоверно снижалась в следующем порядке: житняк > волоснец > костер > пырей > кохия > ячмень >

пшеница > рис > овес > сорго > просо > кукуруза > нут > чина > люпин > бобы > чечевица > фасоль > вика > горох > вигна > соя [2, 5].

Более высокая солеустойчивость злаковых по сравнению с бобовыми обусловлена, по-видимому, тем, что центрами происхождения и формирования многих из них (пшеница, ячмень, овес, просо, сорго) являются аридные районы Северной Африки и Юго-Восточной Азии со значительным распространением засоленных земель [9, 11]. Вероятно, в течение многовековой культуры на засоленных почвах эти растения подвергались естественному отбору на солеустойчивость. Эволюционный процесс способствовал даже появлению небольшого числа типичных галофитов в различных трибах семейства злаковых *(Festuca, Hordeum, Sorghum)*. У бобовых (бобы, чечевица, вигна, соя) процесс приспособления к внешней среде протекал в иных условиях – чаще всего в районах с достаточным увлажнением и незначительным распространением засоленных земель (горные области Юго-Западной и Центральной Азии, горы Центральной Африки).

При высоких концентрациях солей в почвенном растворе различия в индивидуальной солеустойчивости растений начинают проявляться уже в фазе прорастания семян, что приводит к недружным всходам и изреженности посевов. Исследование этого явления показало его значение в формировании сортов с повышенной солеустойчивостью в процессе длительного возделывания их в районах засоленных почв.

Таким образом, в многоплановых экспериментах Г. В. Удовенко изучена физиологическая природа солеустойчивости растений, ее генетическая природа и эволюция формирования; разработаны методы диагностики и оценки по уровню солеустойчивости генофондов растительных ресурсов важнейших сельскохозяйственных культур, а также исследованы закономерности наследования признака солеустойчивости при гибридизации растений [2, 5, 8, 9, 12].

Потенциал устойчивости растений к стрессам, ее физическая и эволюционно-экологическая природа, принципы и методы ее надежного диагностирования, идентификация её генетического разнообразия в генофондах разных сельскохозяйственных культур и эффективность вовлечения в селекционный процесс генетических источников высокой устойчивости растений к стрессам – все это составляет содержание исследований в области адаптивности к стрессам, осуществляемых уже много лет в ВИРе на базе собранного здесь со всех регионов мира генбанка растительных ресурсов.

Итогом исследований устойчивости растений к абиотическим стрессам в ВИРе за последние два с половиной десятилетия явился целый ряд новых обобщений большого теоретического и практического значения [5, 8–13].

В 70-е годы и ВИРе под руководством Г. В. Удовенко по единой программе проводились исследования не только соле-, но и засухо-, жаро-, морозо- и холодоустойчивости растений с прослеживанием динамики большого числа физиологических показателей. При этом Г. В. Удовенко обнаружена значительная общность в характере реакции растений на разные типы стрессорных факторов. Анализ результатов показал качественно одинаковый характер изменения параметров у растений под влиянием разнотипных стрессоров, что позволило ученому уже в эти годы сделать вывод об однотипном (неспецифическом) характере адаптации растений к различным экстремальным воздействиям [9, 10, 12].

Вывод о неспецифичности адаптации растений к разным неблагоприятным факторам имеет принципиально важное значение для более глубокого и детального выяснения общей природы устойчивости растений к различным стрессорам, а также для разработки общих принципов диагностики приемов повышения устойчивости растений.

На основе исследований Г. В. Удовенко, проведенных на базе генофонда растительных ресурсов ВИР, разработаны теоретические представления об общности метаболических перестроек у растений при разных видах стрессов и сформулирована концепция о механизмах отдельных фаз адаптации растений к стрессорам [9, 10, 12].

Рассматривая адаптацию к стрессам на клеточном уровне, Г. В. Удовенко отмечает первичные нарушения (изменения в осморегуляции цитоплазмы, биоэнергетических

процессах, структурной целостности, составе мембран и структурном состоянии ядерной ДНК) и вызванные ими вторичные отклонения (торможение белкового синтеза, увеличение концентрации фитогормонов ингибиторного характера, подавление деления и растяжения клеток).

Адаптация на организменном уровне дополняется новыми механизмами, отражающими взаимодействие различных органов, в первую очередь вегетативных и генеративных [1, 11]. В опытах на удобных моделях (томат, кабачок, земляника, соя и др.) изучение донорно-акцепторных связей в плодоносящих растениях с использованием радиоизотопных меток показало, что потоки воды и пластических веществ проходят последовательный путь стебель—лист—плод; хотя общая интенсивность транспорта веществ как энергозависимого процесса в экстремальных условиях понижается, аттрагирующее воздействие плодов на потоки веществ при этом усиливается [1]. В числе таких механизмов в организме при стрессовых условиях резко проявляются действия аттрагирующей способности органов, их условием является регуляция растениями уровня своей плодонагрузки. Общая зависимость устойчивости растений от уровня плодонагрузки выражается одновершинной кривой с максимумом устойчивости у растений с умеренной плодонагрузкой и минимумом у растений, полностью лишенных плодов. Именно в плане реализации этой зависимости и осуществляется эндогенная регуляция растением своей плодонагрузки при стрессовых воздействиях как проявление важнейшего механизма адаптации на организменном уровне [1, 11, 12].

На популяционном уровне организации в процессы адаптации растений к неблагоприятным условиям включается еще один дополнительный и эффективно действующий механизм — отбор. Базой для осуществления служит внутрипопуляционная вариабельность уровня устойчивости. Другую возможность еще выше поднять устойчивость сорта дают межсортовая и отдаленная гибридизация и другие пути генетического улучшения растений [9, 12]. Однако исследования в области генетики устойчивости растений начали проводить лишь в последнее время, и полученные результаты носят пока предварительный характер.

В начале 90-х годов на базе созданной в ВИРе лаборатории экологической генетики, организованной академиком В. А. Драгавцевым, развертываются фундаментальные физиолого-генетические исследования в русле государственной программы всестороннего изучения генетического разнообразия мирового генофонда растений, которые входят в общую проблему Государственного научного центра – ВИРа: «Разработать и осуществить современные стратегии поиска, создания и использования ценных генотипов растений в решении актуальных задач селекции и растениеводства России».

На базе генетической коллекции растительных ресурсов проводятся в этот период многоплановые исследования, посвященные изучению взаимодействия генотип–среда в комплексах различных сочетаний факторов среды (оптимальных и стрессовых по гидро-, термическому и пищевому режимам), с различными генотипами, контрастными по морфобиологическим и хозяйственно ценным признакам [3, 6, 12]. Осуществляли расшифровку эколого-генетической организации сложных количественных признаков растений и выясняли механизмы функционирования важнейших физиолого-генетических систем, детерминирующих признаки адаптивности продуктивности, отзывчивости на условия минерального питания, аттракции пластических веществ семенами (плодами) и микрораспределения в них пластики [3, 6, 7].

Подобранные для экспериментов из мирового генофонда растений ВИРа контрастные по свойствам сорта различных видов растений (зерновые, злаковые, зернобобовые, овощные и др.), произраставшие в контролируемых условиях многофакторных средовых комплексов, позволили установить новые закономерности взаимодействия генотип–среда [6, 7]. При этом выявлено существенное изменение проявления генотипических различий адаптивности сортов к стрессам в зависимости от этапа онтогенеза, морфотипа растений и сопутствующих стрессу средовых факторов. Составлены экспериментальные модели оптимального средового

комплекса для эффективного выявления ценных генетических источников [4, 6, 7, 12], а также скелет формализованного языка для описания сложных эколого-генетических признаков растений.

Особо значимые многолетние исследования в ВИРе проводились в области разработки лабораторно-полевых методов диагностики устойчивости растений к абиотическим стрессам. Эти методы базируются на теоретическом фундаменте физиолого-генетических

Таблица 1. Базовые физиологические признаки для лабораторных методов диагностики устойчивости растений

Уровень организации	Признак	Методический прием
Клеточный	Проницаемость мембран Водно-осмотический статус Образование протекторов Энергетический баланс Ростовая активность Физиолого-биохимические тесты Репарационная способность	Выход веществ из ткани (клетки) Электропроводность тканей Водный режим ткани (засухоустойчивость) Содержание осморегуляторов Биохемилюминесценция Прирост, линейные и массовые параметры Аналитические оценки Восстановление функций и параметров
Организменный	Донор-акцепторные связи	– Аттрагирующая сила акцептора
Популяционный	Отбор по устойчивости	– Выживаемость в популяции после стресса – Прорастание семян при стрессом давлении

механизмов адаптации растений, рассмотренных выше, и основаны на учете целого комплекса параметров растений и условий проведения оценки (табл. 1 и 2).

Таблица 2. Типы диагностических подходов

Типы	Достоинства	Недостатки
Полевые	Естественное сочетание факторов среды	Трудоемкость Длительность Немоделируемость Нестабильность среды
Вегетационные	Моделируемость Стабильность факторов	Малая производительность
Лабораторные	Большая производительность Стабильность Четкая моделируемость	Неполная сопряженность с истинной устойчивостью

Подробному описанию технологии отдельных методов оценки устойчивости разных видов растений к конкретным типам стрессов посвящены несколько десятков статей в различных научных журналах, «Каталогах» и «Методических указаниях», издаваемых в ВИРе. В собранном же виде сущность и достоинства практически всех известных в настоящее время способов оценки засухо-, соле-, жаро-, холодо-, газо-, кислото, морозо- и зимостойкости всех видов культивируемых растений изложены в уникальном сборнике «Диагностика устойчивости растений к стрессовым воздействиям» (под ред. проф. Г. В. Удовенко, 1988, ВИР), а также в 2-томной монографии «Физиологические основы селекции растений» (под ред. проф. Г. В. Удовенко, акад. РАСХН В. С. Шевелухи).

Литература

1. *Гончарова Э. А.* Водный статус культурных растений и его диагностика // Монография. СПб.: ВИР, РИО, 2005. 125 с.
2. *Гончарова Э. А.* Развитие системного подхода в исследованиях стресс-учтойчивости и адаптации генофонда культурных растений в трудах проф. Г. В. Удовенко. Серия «Люди науки». СПб., 1999. 25 с.
3. *Гончарова Э. А., Драгавцев В. А.* Экспериментальные разработки и регуляция системы «генотип-среда» с целью ускоренного создания ценного генотипа для селекции. V Междунар. симп. «Новые и нетрадиционные растения и перспективы их использования». Пущино, 2003. С. 25–28.
4. *Демьянчук А. М., Драгавцев В. А., Гончарова Э. А.* Концепция эколого-генетического анализа алгоритмов развития растений // Монография. СПб.: ВИР, РИО, 2003. 72 с.
5. *Диагностика* устойчивости растений к стрессовым воздействиям // Метод. руководство / Коллектив авторов. Л.: ВИР, 1988. 228 с.
6. *Драгавцев В. А.* Новый метод эколого-генетического анализа полигенных количественных признаков растений. СПб., 2005. 30 с.
7. *Драгавцев В. А., Удовенко Г В., Гончарова Э. А., Шелест А. А.* Моделирование комплекса средовых факторов для выявления важнейших эколого-генетических систем у генофонда сельскохозяйственных растений // Тез. докл. II съезда ВОГиС. СПб., 2000. 179 с.
8. *Методы* оценки устойчивости растений к неблагоприятным условиям среды. Л.: Колос, 1976. 318 с.
9. *Удовенко Г В.* Солеустойчивость культурных растений. Л.: Колос, 1977. 215 с.
10. *Удовенко Г В.* Физиологические механизмы адаптации растений к различным экстремальным условиям // Тр. по прикл. бот., ген. и сел. 1979. Т. 64, Вып. 3. С. 5–21.
11. *Удовенко Г В., Гончарова Э.А.* Влияние экстремальных условий среды на структуру урожая сельскохозяйственных растений. Л.: Гидрометеоиздат, 1982. 137 с.
12. Физиологические основы селекции растений / Под ред. проф. Г. В. Удовенко, акад. РАСХН В. С. Шевелухи). Теоретич. основы селекции. СПб., 1995. Т. I, II. 622 с.
13. *Физиология* устойчивости растений к неблагоприятным факторам среды // Тр. по прикл. бот., ген. и сел. Л., 1981. 148 с.

Памяти Анатолия Фёдоровича Мережко

ГЕТЕРОПЛАЗМАТИЧЕСКИЕ АМФИДИПЛОИДЫ В СИСТЕМЕ РОДА ТРИТИКАЛЕ (×*TRITICOSECALE* WITTM.)

И. А. Гордей, О. М. Люсиков

ГНУ «Институт генетики и цитологии НАН Беларуси»,
Республика Беларусь, 220072, г. Минск, ул. Академическая, 27, e-mail:
I.Gordej@igc.bas-net.by

Резюме

В статье представлены результаты исследований по созданию нового типа ржано-пшеничных амфидиплоидов с ржаным типом цитоплазмы – секалотритикум (×*Secalotriticum*). Приведена их цитогенетическая и морфобиологическая характеристика. Результаты исследований теоретически и экспериментально обосновывают деление вида гексаплоидных тритикале *Triticosecale derzhavinii* Kurk. et Filat. в системе рода ×*Triticosecale* Wittm. на отдельные гетероплазматические подвиды: ×*Triticosecale derzhavinii triticale* Tscherm. и ×*Triticosecale derzhavinii secalotriticum* Rozenst., et Mittelst. Предложенная система учитывает эволюционные и прикладные аспекты создания тритикале, служит основой для классификации их генофонда и способствует развитию методической селекции, стандартизации и оценки сортов на патентоспособность (тест ООС).

HETEROPLASMIC AMPHIDIPLOIDS IN THE SYSTEM OF GENUS TRITICALE (×*TRITICOSECALE* WITTM.)

I. A. Gordei, O. M. Lyusikov
Institute of Genetics and Cytology of Belarussian NAS
Belarus, 220072, Minsk, Akademicheskaya st., 27, e-mail: I.Gordej@igc.bas-net.by

Abstract

The article presents the research results on the development of new-type rye-wheat amphidiploids with a rye type of cytoplasm – secalotriticum (×*Secalotriticum*). Their cytogenetic and morphobiological characteristic is given. The results of investigations substantiate theoretically and experimentally division of the hexaploid triticale species *Triticosecale derzhavinii* Kurk. et Filat. in the system of genus ×*Triticosecale* Wittm. into individual heteroplasmic subspecies: ×*Triticosecale derzhavinii triticale* Tscherm. and ×*Triticosecale derzhavinii secalotriticum* Rozenst., et Mittelst. The proposed system takes into consideration evolutional and applied aspects of triticale development, is the basis of their gene pool classification and favours development of methodic breeding, standardization and assessment of cultivars for patentability (test HDS).

Создание новой зерновой культуры тритикале (×*Triticosecale* Wittm.) на основе отдаленной гибридизации и экспериментальной аллоплоидии – одно из крупнейших достижений генетики и селекции растений. За последние 40 лет интенсивной селекции создан обширный исходный материал и новые высокоурожайные сорта озимых и яровых тритикале. По данным ETDB (The European Triticale Database) объем мировой коллекции тритикале вырос от 5203 образцов из 9 генетических банков в 1999 г. до 11721 образца из 23 генбанков 18 стран в 2006 г. Из них 2056 образцов зарегистрированы в SIMMYT (Мехико), 7788 образцов происходят из Европы, включая коллекцию из 3876 образцов ВИР (VIR) [1]. В Беларуси создан уникальный генофонд новых продуктивных форм тритикале с цитоплазмой ржаного типа – секалотритикум (70 образцов). Экспериментальные и производственные посевные площади под тритикале в мире превышают 5 млн. га и в Беларуси составляют более 400 тыс. га.

Попытки систематизировать и классифицировать существующее многообразие форм тритикале на основе различных критериев предпринимались многими авторами [4]. Г. Каттерман различал гетерогеномные и гомогеномные тритикале. А. Ф. Шулындин классифицировал тритикале в зависимости от способа получения. Многие авторы основывались на утилитарном подходе, подразделяя тритикале на группы первичных и вторичных. Ю. Г. Сулима и Л. К. Сечняк представили цитогенетический подход к системе рода тритикале, отражающий дозовые соотношения генетического материала исходных видов и пути синтеза амфидиплоидов. Наиболее дифференциальную систему такого рода создали В. Ф. Дорофеев, Т. В. Охотникова и Э. Ф. Мигушева [цит. по 10].

Недостатком данных систем является акцент на теоретическую и методическую составляющие, не учитывающие практических потребностей и реально существующую дифференциацию тритикале. Например, М. Кей относил все формы тритикале, наряду с пшеницей и другими аллополиплоидами, к одному гибридному роду *Triticum*, группирующемуся вокруг кластера генома А [цит. по 10]. Такая система значительно усложняет дифференциацию культур в практической селекции. Создание секалотритикум с иным базовым геномом (геномом RR ржи) вскрывает одно из противоречий данной системы.

Первое специальное таксономическое обозначение *Triticosecale rimpaui* для фертильного октоплоидного пшенично-ржаного гибрида Римпау было предложено еще в 1899 г. Л. Виттмаком на основе слияния латинских наименований исходных форм: ×*Triticosecale* = *Triticum* × *Secale*. Синонимично этому родовому названию Г. К. Мейстер использовал термин ×*Secalotricum* = *Secale* × *Triticum*. Позже термином ×*Secalotricum* обозначают только амфидиплоидные гибриды, полученные в скрещиваниях, где материнским компонентом является рожь. В настоящее время в соответствии с международной ботанической

номенклатурой ICBN (International Code for Botanical Nomenclature) общепринятым таксономическим родовым названием для всего полиплоидного и гетероплазматического видового ряда амфидиплоидов пшеницы с рожью является ×*Triticosecale* Wittmack.

Наиболее известный термин «тритикале» (*Triticale*) впервые использовал австрийский генетик и селекционер Е. Чермак в 1902 г. В дальнейшем этот термин использовали сначала для обозначения созданных первыми октоплоидных тритикале Римпау, а позже – как обиходное название для всего видового ряда пшенично-ржаных амфидиплоидов.

В настоящее время признание таксономической самостоятельности рода ×*Triticosecale* Wittm. не оспаривается. Тритикале, несмотря на короткий срок существования рода, характеризуются отчетливой внутриродовой и внутривидовой дифференциацией.

Современный генофонд тритикале представлен гетероплазматическими (цитоплазмы пшеничного и ржаного типов) представителями трех видов полиплоидного ряда – тетра-, гекса- и октоплоидными формами. Отношение тритикале разного уровня плоидности к различным видам наиболее соответствует общепризнанным видовым критериям [5].

Октоплоидные тритикале (*Triticosecale rimpaui* Wittm., AABBDDRR, 2n=8x=56)

Линия октоплоидных тритикале, полученная немецким селекционером В. Римпау в 1888 г., была первым стабильно воспроизводящимся пшенично-ржаным амфидиплоидом *Triticosecale rimpaui* Wittm. [8] (рис. 1).

Новые формы октоплоидных тритикале создаются с применением митостатиков (в основном, колхицина) в сочетании с эмбриокультурой.

Коллекция ВИР содержит 260 образцов (6,7% генофонда тритикале) октоплоидных тритикале [10].

Октоплоидные тритикале представлены относительно стабильными 56-хромосомными (2n=8x=56) амфидиплоидами, включающими в состав ядра диплоидные наборы хромосом, A-, B-, D- и R-геномов пшеницы и ржи (AABBDDRR). По морфологическим признакам растения октоплоидных тритикале ближе к гексаплоидной пшенице. Образ жизни – озимый, реже яровой, самоопылители со слабой склонностью к перекрестному опылению [5].

Вид имеет ограниченное использование в с/х производстве в связи с более низкой урожайностью и стабильностью по сравнению с гексаплоидами.

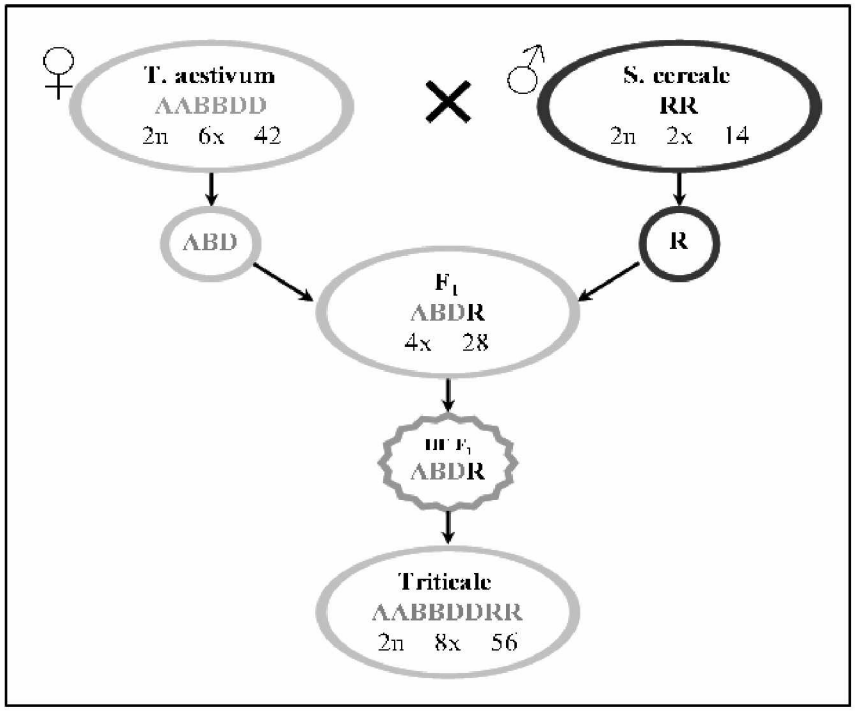


Рис. 1. Схема получения октоплоидных тритикале по В. Римпау, 1891 г.

Октоплоидные тритикале используются для хромосомной реконструкции генома и получения рекомбинантных гексаплоидных тритикале на основе скрещиваний с тетраплоидными и гексаплоидными формами.

Тетраплоидные тритикале
(*Triticosecale lebedevii* Kurk., AARR, BBRR, DDRR, A/B/DRR, 2n=4x=28)

Попытки создания тетраплоидных тритикале на основе скрещиваний диплоидных видов пшеницы (AA, 2n=14) с диплоидной рожью (RR, 2n=14) предпринимались многими селекционерами, однако не увенчались успехом вследствие сильной реакции про- и постгамной несовместимости.

Впервые константную тетраплоидную форму пшенично-ржаных амфиплоидов получил В. Н. Лебедев в 1933 г. на Белоцерковской селекционной станции (рис. 2) [14]. Коллекция ВИР содержит 124 образца (3,2% генофонда тритикале) тетраплоидных тритикале [1].

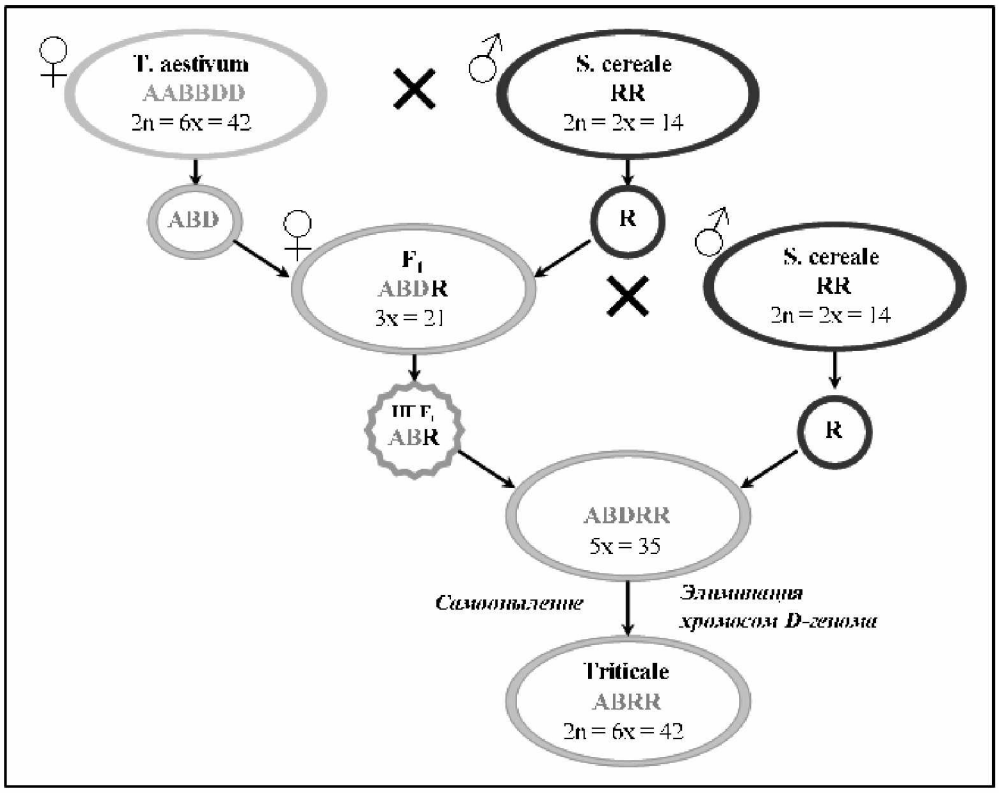


Рис. 2. Схема получения тетраплоидных тритикале по В. Н. Лебедеву, 1933 г., Белоцерковская опытная станция

Уникальный генофонд в коллекции составляют стабильные тетраплоидные тритикале, полученные У. К. Куркиевым и А. К. Абдуллаевой [5] на Дагестанской опытной станции ВИР.

Современные тетраплоидные тритикале представлены стабильными 28-хромосомными (2n=4x=28) амфидиплои-дами, включающими в состав ядра диплоидный R-геном ржи и один из диплоидных A- B-, D-геномов или рекомбинантный геном типа A/B пшеницы (AARR, BBRR, DDRR, A/B/DRR). Растения по морфологическим признакам занимают промежуточное положение между пшеницей и рожью. Признаки ржи выражены сильнее, чем у гексаплоидных и октоплоидных тритикале. Тетраплоидные тритикале – озимые, редко яровые, самоопылители, склонные к перекрестному опылению [5].

Вид не получил распространения в с/х производстве вследствие низкой продуктивности (15-40% от гексаплоидных тритикале). Однако тетраплоидные пшенично-ржаные амфидиплоиды нашли широкое применение для хромосомной реконструкции полигенома тритикале на основе тетраплоид-октоплоидных скрещиваний.

Гексаплоидные тритикале
(*Triticosecale derzhavinii* Kurk. et Filat., AABBRR, 2n=6x=42)

Современные гексаплоидные тритикале представлены гетероплазматическими формами с цитоплазмой пшеницы (тритикале) и ржи (секалотрикум, син. секалотритикум).

Согласно современным таксономическим критериям, гексаплоидные пшенично-ржаные амфидиплоиды Державина (×*Triticale*, 2n=6x=42) и ржано-пшеничные амфидиплоиды (×*Secalotri(ti)cum*, 2n=6x=42), в связи с отсутствием репродуктивной изоляции, относятся к одному виду гексаплоидных тритикале (*Triticosecale derzhavinii* Kurk. et Filat., AABBRR, 2n=6x=42). Однако наличие между гетероплазматическими формами тритикале различий по совместимости в реципрокных скрещиваниях, морфологическим признакам растений и колоса дает основания выделять их в отдельные подвиды. Для гексаплоидных пшенично-ржаных амфидиплоидов с цитоплазмой пшеничного типа уместно использовать наиболее распространенное обозначение – тритикале Чермака (ssp. *triticale* Tscherm.), а для ржано-пшеничных амфидиплоидов с цитоплазмой ржаного типа – секалотрикум, или секалотритикум (ssp. *secalotricum* Rozenst. et Mittelst., син. ssp. *Secalotriticum*).

Подвид *triticale* Tscherm. (T/AABBRR, 2n=42)

Первый гексаплоидный пшенично-ржаной амфидиплоид был синтезирован в 1936 г. А. И. Державиным на основе гибрида твердой пшеницы с многолетней дикорастущей рожью S. montanum (рис. 3) [7]

В настоящее время с использованием различных методов и богатейшего исходного материала создано наибольшее количество форм и сортов гексаплоидных тритикале. Коллекция ВИР содержит 3492 образца (90,1% генофонда тритикале) гексаплоидных тритикале [1].

Современные гексаплоидные тритикале представлены стабильными 42-хромосомными (2n=6x=42) амфидиплоидами, включающими в состав ядра диплоидные наборы R-генома ржи и A- и B-геномов пшеницы (AABBRR). По морфобиологическим признакам растения гексаплоидных тритикале занимают промежуточное положение между тетраплоидными видами пшеницы и культурной рожью с некоторым уклоном в сторону пшениц. Гексаплоидные тритикале – озимые и двуручки, самоопылители со слабой склонностью к перекресту [5].

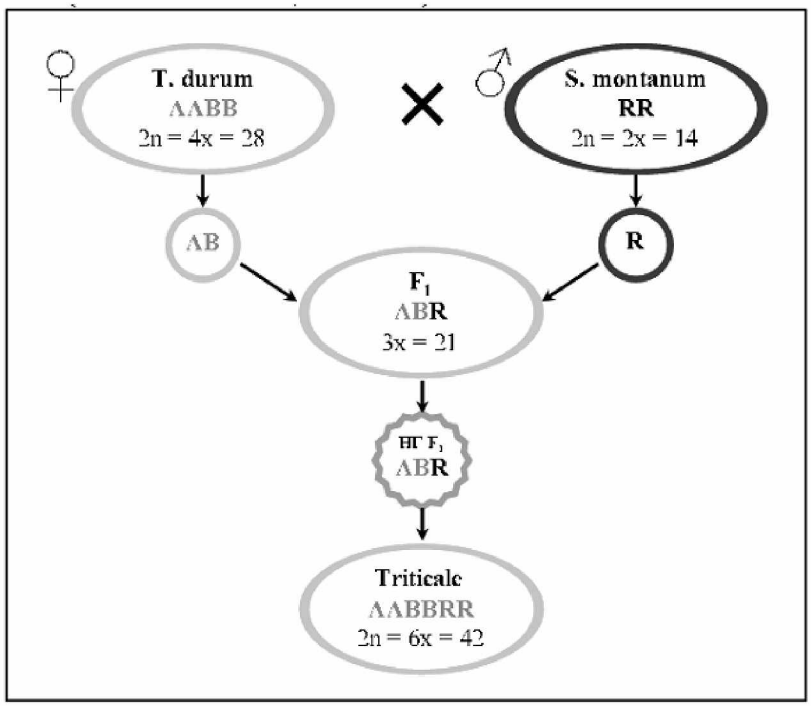


Рис. 3. Схема получения гексаплоидных тритикале по А. И. Державину, 1936 г., Ставропольский СХИ

Гексаплоидные тритикале, как наиболее продуктивные, получили широкое распространение в производстве. Области их применения и возделывания постоянно расширяются.

Подвид *secalotricum* Rozenst. et Mittelst. (S/RRAABB, 2=42)

Начиная с 1973 г. в литературе впервые описываются жизнеспособные ржано-пшеничные гибриды и гексаплоидные тритикале с цитоплазмой ржаного типа [3, 9]. Промежуток в получении пшенично-ржаных и ржано-пшеничных гибридов и амфидиплоидов объясняется нескрещиваемостью ржи с пшеницей и вниманием исследователей к селекции уже созданных гексаплоидных тритикале. Поэтому мировая коллекция тритикале к 1975 г. включала менее 0,25% образцов секалотрикум [5].

Первые секлотрикум были получены как аллоплазматические формы пшенично-ржаных амфидиплоидов путем многократного беккроссирования промежуточных ржано-тритикальных гибридов F_1 на тритикале [2, 3, 9]. У таких форм происходило полное вытеснение генетического материала исходных форм ржи, и по качеству они обычно не превосходили исходных форм тритикале. Однако, как показано в ряде работ [2, 9], гексаплоидные тритикале с цитоплазмой ржаного типа отличаются рядом важнейших хозяйственно-полезных признаков и свойств ржи в результате более полной экспрессии ржаного генома. В сравнении с тритикале, у секалотрикум отмечали более регулярный мейоз и большую цитологическую стабильность. Были выделены отдельные линии секалотрикум, превосходившие изогенные тритикале по хозяйственно-ценным признакам. Эти данные и результаты наших исследований показывают, что секалотрикум могут иметь широкое применение в сельском хозяйстве, наравне или дополняя тритикале с пшеничным типом цитоплазмы в зависимости от условий возделывания.

Нами предложен эффективный способ получения секалотритикум на основе скрещиваний тетраплоидной ржи с гексаплоидными тритикале и однократного беккросса ржано-тритикальных гибридов F_1 на тритикале (рис. 4) [4, 6, 10, 13]. Высокая эффективность метода (выход 2,1-5,2% гексаплоидов секалотритикум от общего числа гибридов F_1) определяется относительно хорошей совместимостью исходных компонентов гибридизации и частичной мейотической нередукцией хромосом в микроспорогенезе у гибридов F_1 [13]:

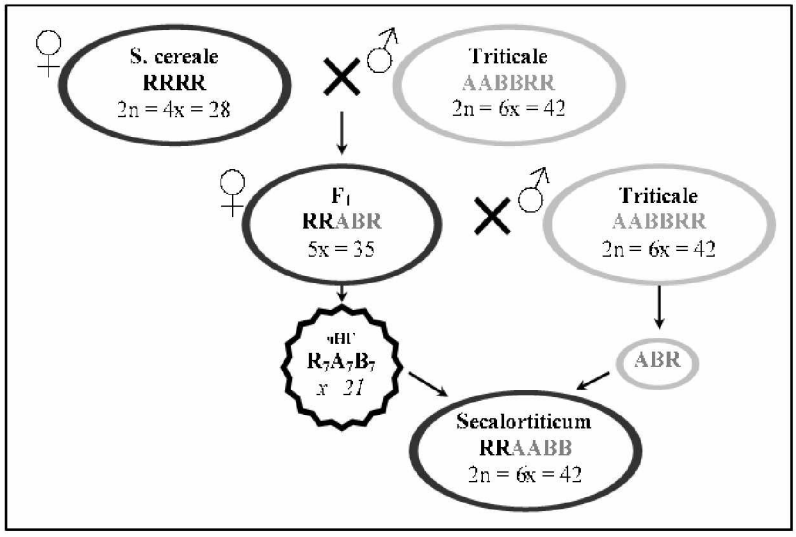


Рис. 4. Схема создания секалотритикум

В качестве материнского компонента, на основании лучшей про- и постгамной совместимости, используются тетраплоидные формы ржи (RRRR, 2n=28), а источником геномов пшеницы - видом-посредником (bridge species), являются гексаплоидные тритикале

(AABBRR, 2n=42). Завязываемость пентаплоидных гибридных семян F_1 (RRABR, 5x=35) составляла 3-12% при жизнеспособности 50-80% [6];

Однократный беккросс ржано-тритикальных гибридов F_1 (RRABR, 5x=35) на тритикале позволяет максимально сохранить у секалотритикум генетический материал плазмогенов и ядерных геномов ржи, создать гетерогенность геномов ржи разного происхождения и составляет основу рекомбинационной изменчивости, что является основным отличием ×*Secalotriticum* от ×*Secalotricum* [4, 13].

Утилизация частично нередуцированных гамет для преодоления стерильности гибридов F_1 позволяет обойтись без применения митостатиков (колхицин) и предотвратить накопление генетического груза мутаций, вызывающих полную мейотическую нередукцию. Установлено, что важнейшими условиями формирования гамет с различным составом хромосом у гибридов F_1 являются специфичность их геномного состава (RRABR, 5x=35), степень гомологии и плотность синапсиса, тип деления унивалентов, особенности сегрегации и элиминации хромосом, которые варьируют в зависимости от преобладания в регуляции мейоза генетических систем исходных видов (Ph, I/Edu и др. пшеницы и Sy, P/Edu ржи). Наличие R-генома в полиплоидном (триплоидном) состоянии выступает основным фактором нормализации мейоза и формирования функциональных (жизнеспособных и фертильных) гамет с различным хромосомным составом. Уровень мейотической нередукции у ржано-тритикальных пентаплоидов F_1 составляет в среднем 15,3%, достигая 30% в зависимости от комбинации скрещивания.

Данный способ открывает большие возможности для повышения рекомбинационной изменчивости, цитоплазматической и геномной реконструкции тритикале [12, 11].

Секалотритикум имеют ржаные плазмогены (тип цитоплазмы ржи), а их ржаной геном частично происходит непосредственно от ржи, а не от тритикале. Поэтому в процессе стабилизации полигенома результат коадаптивных процессов и структурно-функциональные особенности кариотипа у них специфичны и отличаются от тритикале. Секалотритикум более паритетны по экспрессии геномов исходных видов. При совместной регуляции клеточного цикла генетическими системами исходных видов у них наблюдается более быстрая и полная стабилизация полигенома [11].

По фенотипу секалотритикум занимают промежуточное положение между культурной рожью и пшеницей. Они выходят за рамки изменчивости тритикале с пшеничным типом цитоплазмы и по некоторым признакам и свойствам более близки к ржи. Секалотритикум более адаптивны, растения мощнее и более зимостойки. Куст прямо- или полупрямостоячий. Стебель, как правило, покрыт восковым налетом и в разной степени опушен под колосом. Лист темно-зеленый, сравнительно длинный и широкий. Колос обычно более длинный, чем у тритикале, преимущественно пирамидальный или веретеновидный, в большинстве случаев плотный, в фазе восковой и полной спелости зерна чаще поникший, как правило, остистый. Ости длиннее, чем у тритикале, у основания колоса от 0,5 до 4,0 см, в средней части колоса – от 5 до 9 см. Колосок 3-5-цветковый (3-5-й цветки могут быть недоразвиты, особенно у верхушки колоса). Гексаплоидные секалотритикум – озимые формы, самоопылители со слабой склонностью к перекрестному опылению. По продуктивности они сравнимы или превосходят исходные тритикале (рис. 5).

Созданные нами секалотритикум представлены гексаплоидными цитологически стабильными фертильными ржано-пшеничными амфидиплоидами (RRAABB, 2n = 5x = 42), имеющими ржаной тип цитоплазмы, включающими в состав ядра геномы ржи S. cereale (RR) и пшеницы T. aestivum (AA, BB).

Секалотритикум используются в практической рекомбинационной селекции и способствуют расширению изменчивости и ареала распространения тритикале.

Выявленные отличительные особенности секалотритикум дают основание для дополнения системы рода тритикале (×*Triticosecale* Wittm.) введением подвидового уровня для существующих гетероплазматических гексаплоидных тритикале – тритикале Чермака

(*ssp triticale* Tscherm.) и секалотрикум, или секалотритикум (*ssp secalotricum* Rozenst. et Mittelst., син. ssp. *secalotriticum*).

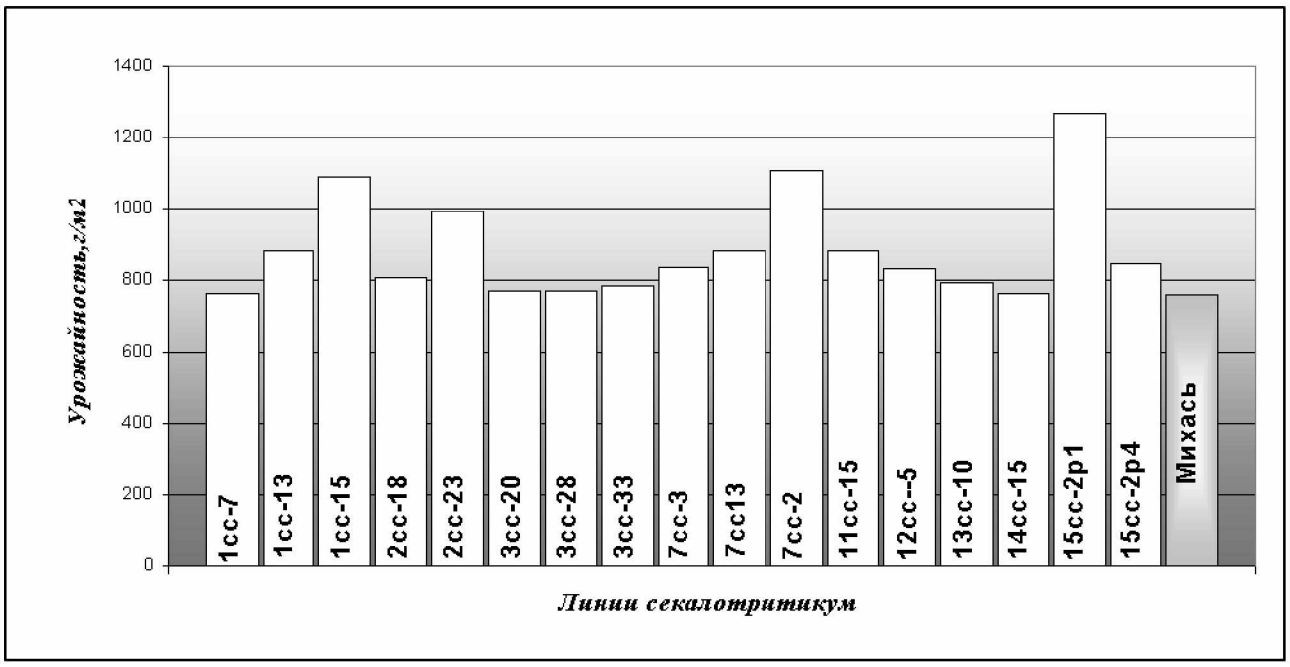


Рис. 5. Урожайность секалотритикум различных комбинаций скрещивания в сравнении с урожайностью сорта тритикале Міхась (стандарт)

Предлагаемое нами разделение гетероплазматических амфидиплоидов пшеницы с рожью на отдельные подвиды ×*Triticale* и ×*Secalotricum* (син. ×*Secalotriticum*) базируется на следующих установленных факторах:

– Гибриды между секалотрикум и тритикале плодовиты, но результаты реципрокных скрещиваний отличаются по совместимости компонентов. Средняя завязываемость гибридных зерен в прямых скрещиваниях (тритикале × секалотритикум) была достоверно ниже, чем в обратных (секалотритикум × тритикале) и составила соответственно 32,38% и 47,95%. Это связано с различиями систем генетической репродуктивной межвидовой изоляции исходных видов;

– Подвиды частично репродуктивно изолированы в силу проведения индивидуальных схем селекции и раздельного культивирования;

– Различия по плазмагенам (типы цитоплазм ржи и пшеницы) и, соответственно, по цитоплазматическим признакам адаптивности;

– Различные буферные геномы при аллополиплоидии (АА-геном у тритикале и RR-геном у секалотритикум);

– Структурно-функциональные кариотипические различия в связи со спецификой коадаптивных процессов стабилизации полигенома;

– Генотипические различия по экспрессии генов исходных видов;

– Фенотипические различия по комплексу важнейших признаков продуктивности и устойчивости к биотическим и абиотическим факторам среды.

На основании вышеизложенного нами предлагается следующая система рода ×*Triticosecale* Wittm., включающая виды тритикале полиплоидного ряда (тетра-, гекса- и октоплоидные), в том числе, существующие гетероплазматические подвиды гексаплоидных тритикале – ssp. *triticale* Tscherm. и ssp. *secalotriticum,* син. *secalotricum* Rozenst. et Mittelst. (рис. 6). Разделение на гетероплазматические подвиды целесообразно для всех видов (уровней плоидности) тритикале.

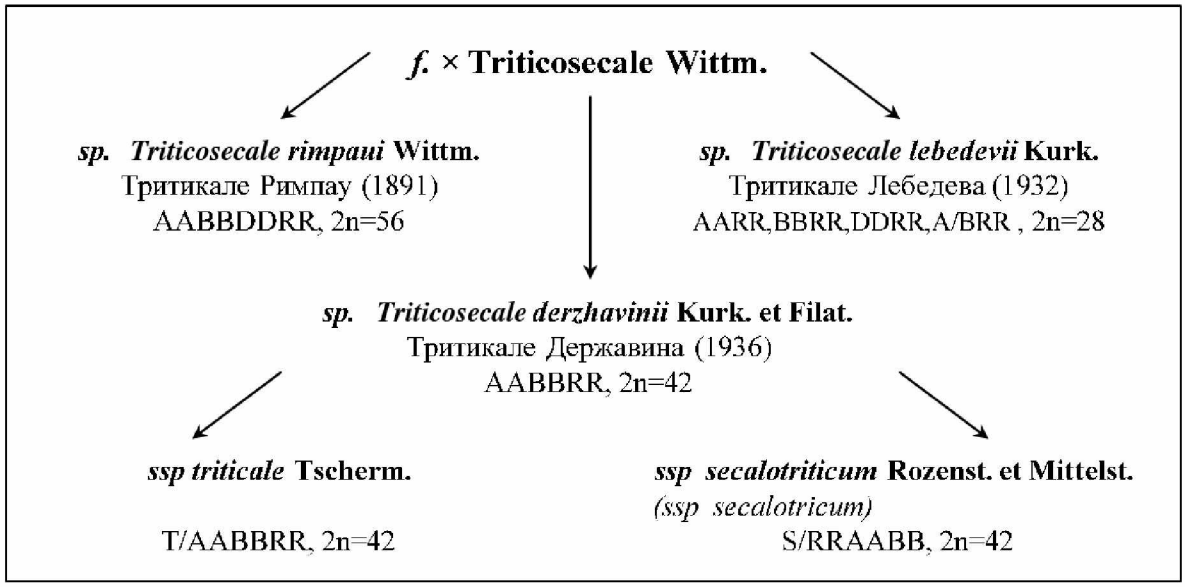


Рис. 6. Система рода Тритикале (×*Triticosecale* Wittm.)

Предложенная система рода ×*Triticosecale* Wittm. в значительной степени учитывает эволюционные и прикладные аспекты создания, селекции и производства тритикале. Такая внутриродовая классификация тритикале будет способствовать развитию методической селекции с учетом цитогенетических характеристик, особенностей адаптивности и ареалов распространения гетероплазматических гексаплоидных тритикале (тритикале и секалотритикум). Деление их на подвиды необходимо для методической селекции, стандартизации и оценки сортов на патентоспособность (тест ООС) и разработки сортовых агротехнологий в соответствии с хозяйственно-экономическими потребностями.

Литература

1. *Гордей Г.М. и др.* Способ получения секалотрикум // А.с. №1734602 (СССР). 1992.
2. *Гордей И.А. и др.* Особенности скрещиваемости ди- и тетраплоидной ржи с гексаплоидными тритикале // Весці НАН Беларусі, сер. біял. навук. 1999. № 2. С. 39-42.
3. *Гордей И.А. и др.* Способ получения ржано-пшеничной хромосомно-замещенной формы секалотритикум // Патент на изобретение № 11442 (BY). 2008.
4. *Гордей И.А.* Тритикале: Генетические основы создания // Минск: Наука и техника, 1992. 287 с.
5. *Державин А.И.* Результаты работ по выведению многолетних сортов пшеницы и ржи // М., 1936.
6. *Куркиев У.К., Филатенко А.А.* Классификация рода xTriticisecale Wittm. // Генетические ресурсы культурных растений в XXI веке: Тезисы докладов II Вавиловской междунар. конф. Санкт-Петербург, 26-30 ноября 2007 г. СПб.: ВИР, 2007. С. 28-30.
7. *Лебедев В.И.* Научные случаи образования амфидиплоидов в пшенично-ржаных гибридах // Харьков-Киев: Издательство Наркомснаба УССР, 1933. 28 с.
8. *Люсиков О.М. и др.* Создание ржано-пшеничных амфидиплоидов с цитоплазмой ржи – секалотритикум (RRAABB, 2n=42): особенности мейоза у ржано-тритикальных гибридов F1 (RRABR, 5x=35) // Генетика. 2005. Т. 41, № 7. С. 902-909.
9. *Люсиков О.М., Гордей И.А.* Хромосомная реконструкция генома ржано-пшеничных амфидиплоидов секалотритикум (×Secalotriticum) // Факторы экспериментальной эволюции организмов.: Сб. н. тр. IV Международной научн. конференции. Автономная Республика Крым, Алушта, 22-26 сентября 2008 г. Киев: Логос, 2008. Т. 4. С. 111-117.
10. *Мережко А.Ф.* Генетические ресурсы тритикале // Генетические ресурсы культурных растений в XXI веке: состояние, проблемы, перспективы: Тезисы докладов II Вавиловской междунар. конф. Санкт-Петербург, 26-30 ноября 2007 г. СПб.: ВИР, 2007. С. 541-543.
11. *Jouve N., Montalvo D., Soler C.* Triticale with different cytoplasm // Triticale: Today and Tomorrow (H. Guedes-Pinto et al. Eds.). Kluwer Academic Publishers. Netherlands, 1996. P. 91-118.
12. *Rimpau W.* Kreuzugsprodukte landwirtschaftlicher Kulturpflanzen // Landwirtschaftliche Jahrbuch. 1891. V. 20. P. 335-371.

13. *Sanchez-Monge E.* A retrospection on triticale // Triticale: Today and Tomorrow. (H. Guedes-Pinto et al. Eds.) Kluwer Academic Publishers. Netherlands, 1996. P. 73-81.
14. *Sanchez-Monge E., Soler C.* Wheat and Triticale with rye cytoplasm // Proc. 4th Int. Wheat Genet. Symp. Columbia. Missouri, 1973. P. 387-390.

ГЕНОФОНД И ЕГО ИСПОЛЬЗОВАНИЕ В СЕЛЕКЦИИ МЯГКОЙ ПШЕНИЦЫ *(TRITICUM AESTIVUM* L.*)* В БЕЛАРУСИ

С. И. Гриб, И. К. Коптик
РУП «Научно-практический центр НАН Беларуси по земледелию»,
г. Жодино, Республика Беларусь, e-mail: triticale@tut.by

Резюме

В результате изучения более 5,5 тыс. образцов мирового генофонда озимой и яровой мягкой пшеницы выделены и эффективно использованы в селекции источники хозяйственно ценных признаков и свойств, на основе которых с применением усовершенствованных методов создано 19 сортов озимой и 6 сортов яровой пшеницы, включенных в Госреестр Республики Беларусь.

GENE POOL AND ITS USE IN BREEDING OF SOFT WHEAT *TRITICUM AESTIVUM* L. IN BELARUS

S. I. Grib, I. K. Koptik
Republican Unitary Enterprise “The Scientific and Practical Centre of Arable Farming of the National Academy of Sciences of Belarus”, Zhodino, Republic of Belarus, e-mail: triticale@tut.by

Abstract

In the result of studying more than 5,5 thousand samples of the world gene pool of winter and spring wheat sources of agricultural characters and properties were isolated and efficiently used. On the basis of these characters and properties using improved methods 19 winter wheat varieties and 6 spring wheat varieties included.

Производство зерна пшеницы высокого качества для хлебопечения макаронных и кондитерских изделий – исключительно важная и актуальная задача для Беларуси. В последние годы площади посевов под этой культурой постоянно расширялись и в настоящее время достигли 0,5 млн га, что обеспечивает полную потребность населения в продовольственном зерне собственного производства.

Сорт в настоящее время в технологии служит биологическим фундаментом, который позволяет использовать все факторы интенсификации для получения максимально возможного урожая зерна высокого качества.

Генофонд и его использование в селекции

Н. И. Вавилов утверждал, что учение об исходном материале должно быть положено в основу селекции как науки [2]. В селекционной работе с пшеницей особое внимание уделяли сбору и изучению нового исходного материала в качестве основного фактора создания высокоурожайных сортов. Как такового местного исходного материала по пшенице, на базе которого можно было бы вести успешную селекционную работу, в Беларуси не сформировалось. Учитывая условия республики, предпочтение отдавали исходному материалу инорайонного происхождения, обладающему такими свойствами, как продуктивность, зимостойкость, короткостебельность, устойчивость к полеганию и болезням, качество зерна и клейковины, адаптивность к условиям выращивания.

По озимой пшенице за 1963–2008 гг. было собрано и изучено более 5000 сортообразцов из 28 стран мира, сгруппированных по принципу эколого-географического происхождения.

Проведенная работа позволила выявить и рекомендовать в качестве источников набор сортов по продуктивности и составляющим ее элементам, короткостебельных, устойчивых к полеганию, болезням, зимостойких, с хорошим качеством зерна.

Необходимо отметить, что среди мирового сортимента озимой и яровой пшеницы не выделено сортов, пригодных по комплексу хозяйственно ценных признаков для непосредственного использования в производстве.

В качестве источников хозяйственно ценных признаков озимой пшеницы выделены и используются в селекции следующие:

– высокопродуктивные образцы, урожайность которых в благоприятные годы достигала 800–900 г/м^2: Капылянка, Былина, Легенда, Завет, Прэм'ера, Спектр, Узлет, Саната, Фантазія, Сюіта, Ядвіся (Беларусь); Надія, Мироновская 67 (Украина); Факон, Центос, Боренос, Кубус, Декан, Буссард, Ларс (Германия); Парада, Альмари, Саква, Сорая, Сукцес, Тонация, Кобра (Польша); Казак (Швеция); Альба (Бельгия); Крисс (Голландия);

– многоцветковые (5 зерен в колосе, с числом колосков в колосе больше 20): Ширвинта (Литва); Apollo, Цебеко (Голландия); Альба (Бельгия); Nimbus, Armada, Disponent, Kobalt, Факта, Compal, Kormoran (Германия); Rial (Франция); Holme, Walde (Швеция); Гармония (Беларусь);

– массой колоса более 2 г: Severin, Кронювель, Palus (Германия); Norman, Avalon (Великобритания); Полесская 80 (Украина); Гармония, Сузор'е, Прэм'ера, Завет, Канвеер (Беларусь);

– крупнозерные, с массой 1000 зерен больше 50 г: Московская 64, Заря, Дон 85, Краснодарская 57, Дон 93 (Россия); Надзея, Капылянка, Сузор'е, Сюіта (Беларусь); Мироновская 808 (Украина);

– зимостойкие: Мироновская 808, Ахтырчанка, Харьковская 75 (Украина); Альбидум 114, Ершовская 8, Кинельская 5, Поиск, Краснодарская 39, Степная 135, Оренбургская 45, Альбидум 11 (Россия); Nisu, Iuka, Kaleva, TaB 2598, Vakko, Anti (Финляндия);

– короткостебельные: Danonija, Vojvodenka, Banacanka, Ливилла (Югославия); Салва, Danta Dota, Атика (Чехия); Юбилейная, Трака, Катя, Плиска (Болгария); Кобра, Салва, Сорая, Сукцес (Польша); Кубус, Декан, Бандит (Германия); Сюіта, Уздым, Узлет (Беларусь);

– комплексно устойчивые к мучнистой росе и бурой ржавчине: Zg 2122/79, 3095/80,520/79, Poduvanna, Козара, Nova Dfratka, Nova Zlatka (Югославия); Резо, Арека, Aviso (Франция); Begra (Польша); Гармония (Беларусь);

– выносливые к *Septoria tritici*: Надзея, Гармония (Беларусь); Аврора, Кавказ, Безостая 1 (Россия); Мироновская 808, Эритроспермум 127 (Украина);

– с высокими хлебопекарными качествами: Харьковская 81, Безостая 1, Мироновская 808, Березина, Капылянка, Былина, Легенда, Ахтырчанка, Тарасовская 61, Ивановская улучшенная, Прогресс, Донецкая 79, Донская безостая, Ольвия и др.

Изучение в последние 15 лет более 500 сортообразцов коллекции яровой пшеницы различного географического происхождения позволило выявить генетические источники наиболее важных хозяйственно ценных признаков. Среди них источники высокой продуктивности: Munk, Triso, Quattro (Германия), Sw 32470 (Швеция), Koksa, Kontessa, Nawra, Helia (Польша) и др. источники высокого качества зерна: Manu, BOR 24471 (Финляндия), Munk (Германия), SW 32470 (Швеция), Torka Bombona (Польша), Рассвет, Дарья, Тома (Беларусь); короткостебельности: Munk (Германия), Чеплис (Литва), Nawra (Польша); скороспелости: BOR 24471, BOR 25191, BOR 25115 (Финляндия), Meri (Эстония), Злата (Россия); устойчивости к болезням: мучнистой росе – Виза, Ростань, Дарья, Тома, Сабина, Munk, jasna, Koksa, Рассвет; последний с идентифицированными двумя генами устойчивости *Pm3d* и *Pm4b*; септориозу белорусской популяции: Quttro, Fasan, Kon 1298, Kon 1498, Nawra, Koksa, Рассвет, Тома, Ростань, Виза; бурой ржавчине: Ростань, Рассвет, Сабина и др. [1, 3].

Расчет функциональной зависимости урожайности озимой пшеницы и ее составляющих позволил выявить связь в виде коэффициентов парной и множественной корреляции,

регрессии, детерминации. Установлена сопряженность урожайности с продуктивным стеблестоем (r = 0,66), отрастанием весной после зимовки (r = 0,61), полеганием (r = -0,66), высотой (r = –0,52), $К_{хоз.}$ (r = 0,43). Тесная связь между массой зерна колоса и растения открыла путь селекции через повышение продуктивности колоса. Величина коэффициента множественной корреляции показала положительную зависимость между массой колоса, растения и их составляющими (Rx (y….z)=0,72–0,88 и Rx (y_1…z_1) = 0,74–0,96).

Выявлено, что величина урожайности определяется взаимозависимостью ряда признаков в ценозе:

а) перезимовка, полегание, стеблестой, высота – Rx^2 (y^2…z^2) = 0,39–0,69;

б) кустистость, масса растения, масса 1000 зерен, число зерен с растения, $К_{хоз.}$, натура зерна – Rx^3 (y^3…z^3) = 0,48–0,68;

в) кустистость, размер колоса, число колосков и зерен в колосе, масса колоса и 1000 зерен, $К_{хоз.}$ – Rx^4 (y^4…z^4) = 0,50–0,65 [6].

Использование эволюционного и статистических подходов, а также многолетних наблюдений с учетом современных достижений отечественной и зарубежной селекции дало возможность разработать фенотипические параметры морфобиотипов озимой пшеницы и обосновать уровень развития признаков на ближайшую перспективу. Основные параметры сорта озимой пшеницы продовольственного назначения следующие: урожайность 100–120 ц/га, высота растений 75–85 см, высокая устойчивость к полеганию и болезням, хорошая зимостойкость с удлиненной стадией яровизации (до 70 дней), содержание белка в зерне 12–14%, сырой клейковины 24–28%, I–II группы качества по ИДК, смесительная способность муки, е.а. – 200–300, твердость эндосперма – твердозерный, цвет зерна – красный, масса 1000 зерен, – 45–55 г, форма зерна – яйцевидная, приближающаяся к шарообразной, объем хлеба 900–1200 мл общая оценка качества хлеба – 4,0–4,5 балла.

Совершенствование методов селекции

Выделенные источники ценных признаков и свойств служили базовыми компонентами в схемах разнообразных типов скрещиваний. В гибридизации преобладали простые внутривидовые скрещивания. Наряду с ними весьма широко используются беккроссы, гибридизация яровых форм пшеницы с озимыми, межвидовая гибридизация мягкой пшеницы с твердой для повышения качества зерна и др.

Селекционный процесс по озимой и яровой пшенице в НПЦ НАН Беларуси по земледелию имеет ряд особенностей. В частности, отбор элитных растений проводится многократно в гибридных популяциях F_2 – F_5, при этом для пересева гибридов F_3 – F_5 отбираются лучшие (около 10%) комбинаций по урожайности, устойчивости к полеганию и болезням. Отбор элитных растений продолжается среди лучших сортообразцов в контрольном питомнике и предварительном сортоиспытании.

Многократный отбор в популяциях более поздних поколений (F_4– F_5), а также среди лучших сортообразцов контрольного питомника и предварительного сортоиспытания обусловлен необходимостью соответствия нового сорта требованиям однородности.

На этапе предварительного сортоиспытания начинается оценка селекционного материала на хлебопекарные качества с выпечкой хлеба. Материал конкурсного сортоиспытания оценивается на инфекционном фоне лаборатории иммунитета на устойчивость к мучнистой росе, бурой ржавчине, септориозу, фузариозу колоса, корневым гнилям. На этапе конкурсного сортоиспытания третьего года проводится малое размножение (50–100м^2) перспективных сортообразцов в количестве 10–15 штук и экологическое испытание лучших 3–5 образцов в трех зональных НИУ республики. Сортообразцы малого размножения кроме оценки на хлебопекарные качества анализируются на качество макаронных изделий в Могилевским университете продовольствия. Такая организация селекционного процесса обеспечивает селекционный прогресс не только по продуктивности и качеству зерна, но и повышает адаптивный потенциал вновь создаваемых сортов яровой пшеницы.

В селекции озимой пшеницы достигнут существенный прогресс в результате использования генов яровых пшениц. Включение в гибридизацию генетического материала яровых пшениц с озимыми потребовало сложных скрещиваний по типу беккросса, или ступенчатой гибридизации. В результате трансрекомбиногенеза генов яровых пшениц Мексики, Индии, США, Чили с озимыми северорусской, лесостепной экологических групп в условиях Беларуси создан качественно новый селекционный материал на новом аллельном озимом уровне. По схеме F_1 (яр. × оз.) × оз. создан сорт Пошук, а F_1 (яр. × оз.) × F_1 (оз. × оз.) – Капылянка. При создании сорта Пошук на первом этапе сорт яровой пшеницы Сието Черрос (Мексика) скрестили с озимым Мироновская 808, а в последующем гибрид F_1 этой комбинации с озимым сортом Донецкая 79. Сорт Капылянка получен при скрещивании двух гибридов первого поколения между собой. В первой комбинации использована яровая пшеница Кальян Сона (Индия) и мировой рекордсмен по морозоустойчивости Альбидум 114 из Поволжья, во второй – озимые Мироновская 808 улучшенная и Краснодарская 39. Сорт озимой пшеницы Пошук – короткостебельный, формирует плотный стеблестой, Капылянка обладает высокой зимостойкостью и хорошим качеством зерна. Высокая результативность по селекции озимой пшеницы получена при вовлечении в качестве материнской формы в сложных скрещиваниях гибридов первого поколения .

На основе источников западноевропейского экотипа методом гибридизации созданы и включены в Госреестр сортов Республики Беларусь новые высокопродуктивные сорта озимой пшеницы: Былина, Завет, Саната, Щара, Узлет, Спектр, Сюіта, Уздым, Канвеер, а также яровой: Виза, Ростань, Дарья, Рассвет, Тома, Сабина.

На основании многолетнего изучения селекционного материала пришли к выводу, что основу селекции озимой пшеницы в наших условиях составил сорт Мироновская 808, на базе генетической плазмы которого получены все белорусские районированные и перспективные сорта. Высокой сортообразующей способностью обладают образцы озимой пшеницы Безостая 1, Аврора, Харьковская 63, Березина, Надзея, Капылянка, яровые – Кальян Сона, Сиете Черрос, Ред Ривер 68. В частности, с использованием сорта Березина получено 25% перспективных номеров, в том числе Сузор'е, Прэм'ера, Каравай и др.

Хорошей сортообразующей способностью среди яровой пшеницы обладают сорта: Виза, Дарья, Рассвет (Беларусь) и др.

В селекционном процессе пшеницы используются принципы экологической селекции, в частности, начиная с 2007 г. по договору о творческом сотрудничестве нами организована экологическая селекция по яровой пшенице с Владимирским НИИСХ Российской Федерации. Сущность этой работы состоит в том, что, начиная с гибридных популяций F_3 (25–30 лучших по продуктивности), селекционный процесс параллельно с Беларусью проводится в условиях Владимирской обл.

Необходимо отметить, что важнейшие показатели, имеющие «экологический» потолок: число растений и колосьев на 1 м^2, колосков в колосе, масса одного зерна и урожай общей биомассы, – должны у создаваемых сортов сохраняться на предельно высоком уровне. В практической селекции это положение подтвердилось. К интенсивным сортам озимой пшеницы, формирующим плотный стеблестой и созданным в регионе, относятся: Капылянка, Пошук, Сюіта, Спектр, Узлет, Ода, Навіна, Уздым, яровой пшеницы: Виза, Ростань, Дарья, Рассвет, обладающие крупным выровненным зерном и высоким выходом семенной фракции.

В большинстве случаев селекционеры пытаются отбирать крупные колосья, надеясь на то, что в дальнейшем они сохранят свои свойства в потомстве. Однако крупноколосые сорта в большинстве случаев обладают пониженной продуктивной кустистостью и имеют асинхронный характер появления последующих побегов, что отрицательно сказывается на формировании высокой урожайности сорта.

При селекции пшеницы работать следует с признаками, не лимитированными естественным отбором. В условиях республики их оказалось немного. Это в первую очередь число зерен на 1 м^2, которое формируется за счет количества продуктивных стеблей в агроценозе и числа зерен в колосе. Сорта пшеницы, обеспечивающие на 1 м^2 более 20 тыс.

полновесных зерен относятся к высокоинтенсивным, и биологическая урожайность их с гектара составляет более 100 ц зерна. В результате кропотливой работы в регионе созданы сорта, способные формировать на 1 $м^2$ более 20 тыс. зерен. Это низкорослые генотипы, с высоким соотношением зерна к соломе, обеспечивающие плотный стеблестой, флаговые листья – укороченные, с вертикальным их расположением под острым углом к стеблю.

При селекции высокопродуктивных генотипов требуется тщательный подбор исходных форм по комплексу признаков, с учетом критериев отбора селекционного материала. В условиях Беларуси к ним относятся: хорошая перезимовка, интенсивное отрастание стеблестоя весной, слабая восприимчивость к болезням, дружное колошение и созревание, прочная (гибкая) соломина, продуктивный колос, нормальный вынос колосоножки, отсутствие усохшего верхушечного колоска в колосе. Необходимо учитывать повышение фотосинтетической активности не только фитоценоза, но и его рабочих органов – единицы площади листа и хлоропласта. Должен быть хороший отток продуктов фотосинтеза из стебля и листьев в зерно, в результате чего будет обеспечен интенсивный налив зерна. К числу наиболее значимых усовершенствованных нами приемов повышения эффективности селекции пшеницы следует также отнести:

– изучение полиморфизма запасных белков зерна селекционного материала пшеницы с идентификацией аллелей глиадина и глютенина, что позволило выявить наиболее ценные белковые компоненты, обеспечивающие адаптивность сорта в условиях Беларуси, сгруппировать их в виде гипотетических генотипов с маркерами определенных признаков. Установлен биотипический состав сортов, определена ценность аллелей глиадинкодирующих локусов в селекции на урожайность, зимостойкость, качество зерна и предложена схема создания сортов с использованием белковых маркеров глютенинов на основе сорта Мироновская 808;

– создание сортов, устойчивых к полеганию, на основе короткостебельных генотипов. Сочетание рецессивных генов признака карликовости на генетической основе Норин 10 позволило обосновать, экспериментально проверить и создать короткостебельные сорта: Пошук, Узлет, Сюіта, Спектр, Канвеер, Уздым и др.

– включение в селекционные программы сортимента, резистентного к бурой ржавчине, с генами *Lr23, Lr26, Lr3, Lr26* +3; стеблевой – *Sr31, Sr6, Sr2*; мучнистой росе – *Pm2, Pm4B, Pm4, Pm6, Pm4+2, Pm8* + полигены, позволило на инфекционном фоне отселектировать сорта озимой пшеницы: Гармония, Капылянка, Пошук, Былина, Легенда, Саната, а также яровой: Виза, Дарья Рассвет, Сабина с комплексной устойчивостью к болезням. Использование критерия выносливости по стабилизации урожайности на инфекционном и естественном фонах дало возможность создать сорта толерантные к корневым гнилям и септориозу;

– в результате целенаправленной работы на хлебопекарные качества созданы сорта пшеницы продовольственного использования, которые в условиях Республики Беларусь обеспечивают зерно хорошего качества. По данным «Государственной инспекции по испытанию и охране сортов растений» Республика Беларусь сорта озимой пшеницы: Былина, Легенда, Капылянка и яровой: Дарья, Рассвет, Тома занесены в список ценных по качеству [4].

Результаты селекции

Многолетние теоретические и экспериментальные разработки послужили основой создания системы сортов озимой и яровой пшеницы для почв разного уровня плодородия, адаптивных к условиям региона, высоко продуктивных и экологически стабильных.

По данным конкурсного сортоиспытания новые короткостебельные сорта озимой пшеницы превышают стандарт по урожайности зерна на 6,4–8,4 ц/га, обладают высокой устойчивостью к полеганию, имеют высокий выход зерна и качества хлеба (табл. 1). По результатам Государственного сортоиспытания потенциал их урожайности в 2008 г. составил 105–110 ц/га.

Таблица 1. Урожайность и показатели хозяйственно ценных признаков новых сортов озимой пшеницы, среднее за 2006–2008гг.

Сорт	Урожайность зерна,		Высота растений, см	Устойчивость к полеганию, балл	Выход зерна, %	Качество хлеба, балл
	ц/га	+ к ст-ту				
Капылянка (ст.)	67,8		105	3	46,4	4,2
Ода	76,2	+8,4	76,6	5	48,0	4,1
Сімвал	76,2	+8,4	76,0	5	47,5	4,0
Элегия	76,0	+8,2	78,3	5	47,5	4,0
Навіна	74,2	+6,4	76,6	5	47,3	3,9
$НСР_{05}$		2,7–3,5				

Сорта озимой пшеницы белорусской селекции в 2009 г. занимают в республике 220 тыс. га, а их доля в сортовой структуре составляет 63,6%. К числу наиболее распространенных относятся: Капылянка, Былина, Легенда, Сюіта, Саната, удельный вес которых в структуре посевов озимой пшеницы находится в пределах от 20 до 7,2%.

По яровой пшенице с 1993 по 2008 гг. нами созданы и включены в Госреестр Республики Беларусь 6 новых сортов: Виза, Ростань, Дарья, Рассвет, Тома, Сабина. При создании сортов нового поколения ставилась цель повысить урожайность, устойчивость к болезням, полеганию и сохранить высокое качество зерна. В результате урожайность вышеназванных сортов в Госсортоиспытании достигла 8–9 т/га, а сорта Тома в 2005 г. на Гродненском ГСУ превысила 10 т/га. Новые сорта сочетают высокую урожайность с устойчивостью к полеганию, толерантны к мучнистой росе, бурой ржавчине и септориозу, обладают хорошими показателями качества зерна [5]. Сорт Дарья включен в Госреестр РФ с 2006 г. по Центральному региону, а сорт Рассвет признан перспективным в Украине.

Наряду с районированными в госкомиссии испытывается серия новых сортов яровой пшеницы: Корона и Василиса (с 2007 г.), Ласка и Любава (с 2009 г.). Краткая характеристика сортов по данным конкурсного сортоиспытания за 2006–2008 гг. по урожайности и качеству зерна дана в табл. 2.

Новые сорта Сабина, Корона, Василиса, Ласка и Любава превышают стандарт Рассвет по урожайности на 3,6–6,7 ц/га. Тома, Василиса, Любава имеют высоту растений короче 90 см, а Ласка, Сабина, Тома характеризуются высокой озерненностью колоса.

Таблица 2. Урожайность и качество зерна сортов яровой пшеницы в конкурсном сортоиспытании, среднее за 2006–2008 гг.

Сорт	Год включения в реестр	Урожайность зерна		Содержание белка, %	Содержание клейковины, %	Объем хлеба, мл
		ц/га	к ст-ту			
Виза	1998	59,9	-0,1.	16,3	38,3	817
Ростань	2000	64,4	+4.4	14,3	33,7	787
Дарья	2002	62,6	+2,6	15,0	34,3	809
Рассвет (ст)	2004	60,0	–	14,9	34,3	852
Тома	2007	61,3	+1,3	15,6	35,6	811
Сабина	2009	63,7	+3,7	14,8	34,5	877
Корона	ГСИ 2007	63,6	+3,6	14,2	33,8	806
Василиса	ГСИ 2007	63,9	+3,9	14,2	32,9	828
Ласка	ГСИ 2009	66,7	+6,7	14,7	31,7	805
Любава	ГСИ 2009	66,6	+6,6	15,3	37,6	766
$НСР_{0,5}$			2,4–3,1			

Для качества хлеба наибольшую значимость имеют: содержание белка, сила муки, разжижение теста, валориметрическая оценка теста, объемный выход хлеба и его хлебопекарная оценка [7]. Содержание белка тесно коррелирует с содержанием сырой клейковины, силой муки, валориметрической оценкой теста, общей оценкой хлеба (r = 0,841–0,968). Содержание сырой клейковины тесно коррелирует с силой муки и валометрической оценкой теста (r = 0,850–0,807).

Анализ показателей хлебопекарных качеств зерна (табл. 3) свидетельствует, что по таким критериям как содержание белка и клейковины, а также общей оценке хлеба все сорта, за исключением Ростани по общей оценке хлеба, соответствуют таковой и заметно превышают сортов, ценных по качеству. Так, содержание белка у сорта Виза достигает 16,3% при нормативе 13%, а содержание клейковины – 38,3% при нормативе 27%. Высокую общую хлебопекарную оценку хлеба 4,3–4,4 балла имеют сорта: Сабина, Виза, Рассвет, Тома, Ласка при нормативе 4,0 балла.

Таблица 3. Качество зерна сортов яровой пшеницы в конкурсном испытании, среднее за 2006–2008 гг.

Сорт	Содержание белка, %	Содержание Клейковины, %	Сила муки, е.а.	Объем хлеба, мл.
Виза	16,3	38,3	244	817
Ростань	14,3	33,7	248	787
Дарья	15,0	34,3	263	809
Рассвет (ст)	14,9	34,3	216	852
Тома	15,6	35,6	295	811
Сабина	14,8	34,5	230	877
Корона	14,2	33,8	203	806
Василиса	14,2	32,9	214	828
Ласка	14,7	31,7	257	805
Любава	15,3	37,6	231	766
Норматив сортов, ценных по качеству	13,0	27	260	1100

Проблемным показателям на территории Беларуси, обусловленным природно-климатическими условиями, относятся «сила муки» и «объем хлеба», которые в основном уступают нормативу сортов ценных по качеству.

Если по показателю «сила муки» сорта Тома, Дарья и Ласка соответствуют нормативу, то по «объему хлеба» – от 766 до 877 мл на 100 г муки – явно уступают нормативу – 1100 мл.

Новым актуальным направлением признана селекция яровой пшеницы на качество макаронных изделий. Идеальным сырьем для производства макарон служит зерно твердой пшеницы, выращенной в условиях аридного климата. Условия Беларуси не в полной мере соответствуют биологии этой культуры. Для производства макаронных изделий в республике в основном используют зерно мягкой пшеницы. Анализ качества макаронных изделий из сортов белорусской селекции показал, что они по большей части соответствуют нормативным требованиям (табл. 4).

Таблица 4. Качество макаронных изделий из сортов яровой пшеницы белорусской селекции

Сорт	Состояние изделий после варки	Длительность варки до готовности, мин.	Коэффициент увеличения массы	Потери сухих веществ, %
Виза	Хорошее	10	2,7	1,7
Ростань	Удовлетворительное	10	3,1	0,9
Дарья	Хорошее	9	2,7	0,7
Рассвет	Хорошее	8	3,0	0,8

Сорт	Состояние изделий после варки	Длительность варки до готовности, мин.	Коэффициент увеличения массы	Потери сухих веществ, %
Тома	Хорошее	7	2,6	1,4
Сабина	Хорошее	9	3,1	1,5
Корона	Хорошее	7	3,3	0,6
Василиса	Хорошее	8	2,6	1,0
Ласка	Хорошее	8	3,1	1,3
Любава	Хорошее	10	2,9	1,0
Контроль	Удовлетворительное	14	2,3	4,6

Состояние макаронных изделий после варки у всех сортов, за исключением Ростани, оценивается как хорошее. Показатель длительности варки до готовности макарон у сортов колеблется от 7 мин (Тома, Корона) до 10 (Виза, Ростань, Любава), при этом в контроле он составляет 14 мин. Хорошие показатели (выше норматива) имеют сорта по коэффициенту увеличения массы макаронных изделий (2,6–3,1 при нормативе 1,5–2,5) и потере сухих веществ (от 0,6 до 1,7% при нормативе 6–8%). Следовательно, современные сорта яровой пшеницы белорусской селекции пригодны для выпечки не только хлеба и кондитерских изделий, но и для производства макарон.

Литература

1. *Булойчик А. А.* Поиск источников устойчивости к септориозу среди генофонда мягкой пшеницы / Под ред. А. А. Булойчик, Е. А. Волуевич, С. И. Гриб, Л. В. Кучинской, В. С. Борзяк // Матер. Межд. науч.-практ. конф. посвящ. 80-летию образования Института земледелия. 29 июня 2007 г. Жодино–Минск, 2007. С. 45–48.
2. *Вавилов Н. И.* Научные основы селекции пшеницы. М.-Л., 1935. 244 с.
3. *Волуевич Е. А.* Эффективность генов устойчивости к мучнистой росе мягкой пшеницы в Беларуси / Под ред. Е. А. Волуевич, С. И. Гриб, А. А. Булойчик, В. С. Борзяк, Л. В. Кучинской // Весці НАН Беларуси. Сер. Біял. Навук, 2006. № 3. С. 51–56.
4. *Государственный* реестр сортов и древесно-кустарниковых пород // Гос. учреждение «Государственная инспекция по сортоиспытанию и охране сортов растений». Минск, 2009. 142 с.
5. *Гриб С. И.* Факторы прогресса в селекции яровой пшеницы в Беларуси / Под ред. С. И. Гриб, Л. В. Кучинской // Проблемы и пути повышения эффективности растениеводства в Беларуси: Мат. Межд. науч.-практ. конф. посвящ. 80-летию образования Института земледелия. 29 июня 2007 г. Жодино–Минск, 2007. С. 50–53.
6. *Коптик И. К.* Селекция озимой пшеницы *(Triticum aestivum* L.*)* в условиях Беларуси. Автореф. … д-ра с.-х. наук. Жодино, 1996. 30 с.
7. *Крючков А. Г.* Главные показатели оценки сорта (по качеству зерна яровой пшеницы) / Под ред. А. Г. Крючкова, Г. Н. Сандаковой // Зерновое хоз-во. 2003. № 6. С. 16–20.

РОЛЬ ОТДАЛЕННОЙ ГИБРИДИЗАЦИИ В СЕЛЕКЦИИ ВИШНИ НА ИММУНИТЕТ К ГРИБНЫМ БОЛЕЗНЯМ

Е. Н. Джигадло, Г. А. Седышева, Н. Г. Горбачева

ГНУ Всероссийский НИИ селекции плодовых культур, Орел, Россия, e-mail: info@vniispk.ru

Резюме

Использование в селекционной работе с вишней доноров устойчивости к грибным болезням, полученных на основе отдаленной гибридизации, позволяет расширить ареал генетических ресурсов этой культуры и получать растения на новой генетической основе.

THE SIGNIFICANCE OF REMOTE HYBRIDIZATION IN CHERRY BREEDING FOR RESISTANCE TO FUNGAL DISEASES

E. N. Gigadlo, G. A. Sedysheva, N. G. Gorbacheva
All-Russian Research Institute of Horticultural Breeding, Orel, Russia, e-mail: info@vniispk.ru

Abstract

In cherry breeding the use of donors of resistance to fungal diseases, which are obtained on the basis of remote hybridization, makes it possible to increase the natural habitat of genetic resources of this crop and obtain plants on a new genetic basis.

Вишня – основная косточковая культура Центрального региона России – в настоящее время находится в бедственном состоянии. Массовые грибные эпифитотии коккомикоза и монилиоза в последние годы, негативные изменения погодно-климатичекских условий привели к резкому сокращению площадей под ее насаждениями.

Во ВНИИСПК селекционная работа с этой культурой проводится с использованием отдаленной гибридизации, позволяющей повысить получение сортов с устойчивостью к грибным болезням. На основе использования в скрещиваниях вишни Маака и ее производных получены новые сорта этой культуры Новелла, Бусинка, Капелька, устойчивые к коккомикозу, с хорошими урожайностью и зимостойкостью.

Однако с изменением статуса вишни Маака назрела существенная необходимость введения в скрещивание диплоидных видов. Основной причиной вовлечения в селекцию вишни диплоидных видов секции *Pseudocerasus* является такой важный их признак как устойчивость к коккомикозу и монилиозу.

Диплоидные виды, включенные нами в скрещивания, в подавляющем большинстве проявляют иммунитет к коккомикозу, за исключением формы вишни Сахалинская 3/75, которая была нами исключена из дальнейшей работы.

Отдаленная гибридизация растений тесно связана с изменением плоидности полученных гибридов.

При анализе хода мейоза установлено [4], что триплоидные, пентаплоидные и гексаплоидные формы вишни способны продуцировать гаметы разного уровня плоидности.

При использовании их в гибридизации высока вероятность получения потомства с разнообразным соматическим набором хромосом, а следовательно, с широким спектром изменчивости, что увеличивает возможность отбора ценных форм и представляет несомненный интерес для селекции.

Как было установлено [3], при скрещивании сортов вишни, имеющих тетраплоидный набор хромосом с диплоидными видами, существует вероятность получения гибридов как триплоидного, так и тетраплоидного уровня. При скрещивании форм триплоидного происхождения с тетраплоидными сортами вишни могут образовываться и триплоидные, и тетраплоидные формы.

При колхицинировании триплоидных форм происходит удвоение числа хромосом и образование гексаплоидных форм. Включение в селекцию отдаленных гибридов с тетраплоидным набором хромосом ведет к увеличению в потомстве форм тетраплоидного уровня.

Использование в скрещиваниях пентаплоидных форм отдаленных гибридов с тетраплоидными формами приводит к образованию гибридов с различным уровнем плоидности: от n=2x=24 до n=5x=40.

На основании вышеизложенного во ВНИИСПК были получены тетраплоидные и триплоидные доноры устойчивости к грибным болезням.

82990 – тетраплоидный гибрид, происхождение: Памяти Вавилова×к-2822×вишня сахалинская, средний размер плодов, темно-красная окраска, обладет устойчивостью к коккомикозу.

Химический состав плодов: сухих веществ до 16,4%, сахаров до 11,3%, кислот до 1,15%, СКИ 8,9; содержание аскорбиновой кислоты до 12,3 мг/100 г.

Тетраплоидная форма 82990 характеризуется довольно правильным мейозом, при микроспорогенезе количество нарушений на разных стадиях находится в пределах 6,9 – 34,4 %. Причем максимальное число нарушений приходится на стадии A_I и A_{II}, а минимальное – на стадии T_I и T_{II}. Подсчет ассоциаций на стадии метафаза-I свидетельствует о преобладании бивалентной конъюгации. Биваленты в среднем на один микроспороцит составляют 90,4%, унивалентные 4,2% и 5,4% приходится на долю поливалентных ассоциаций.

Анализ числового распределения хромосом на стадии анафаза-II свидетельствует о том, что у данной формы образуется 58,5% диплоидных гамет, где n=2x=16, в 1,3% случаев встречаются триплоидные гаметы с n=3x=24 и около 40% составляют анеуплоидные гаметы с числами хромосом от 1 до 22.

Таким образом, форма 82990, судя по результатам анализа микроспорогенеза, вполне пригодна для использования в селекции как донор диплоидных гамет.

83187 – тетраплоидный гибрид, происхождение: Памяти Вавилова×*C. lannesiana* № 1, средний размер плодов, темно-красная окраска, обладает устойчивостью к коккомикозу.

У формы 83187 мейоз при микроспорогенезе характеризуется значительным числом нарушений на всех стадиях (от 24,1 до 71,1%). Разнообразие типов нарушений варьирует на разных стадиях от 1 (T_I) до 8 (тетрады). Самый многочисленный тип нарушений на стадиях M_I и M_{II} – это преждевременное забегание одной или нескольких хромосом к полюсам веретена деления. Оно составляет от 57 % (M_I) до 83% (M_{II}) от общего числа нарушений. На стадиях A_I и A_{II} преобладают запоздалое деление, части бивалентов и хромосом и задержка их в центре веретена деления. Тем не менее, большая часть этих нарушений со временем нивелируется. Например, преждевременно забежавшие в метафазе хромосомы и часть отстающих в анафазе хромосом объединяются с основной группой к концу анафазы и на завершающихся стадиях T_I и T_{II} процент нарушений значительно ниже – 29,7% (T_I) и 36,0% (T_{II}). На стадии тетрад число нарушений составляет 30,8%. В основном это наличие микроядер в микроспорах и спорады с бóльшим (5 – 8) или меньшим (1 – 3) числом микроспор. Все это свидетельствует о нарушении числового распределения хромосом по микроспорам. Тем не менее, мейоз у формы 83187 завершается формированием достаточно большого числа нормальных тетрад – 69,2%. Пыльца довольно выровненная, аномальные (крупные) и мелкие пыльцевые зерна составляют всего 10,8%.

85023 – триплоидный гибрид, происхождение: Любская×вишня Максимовича, средний размер плодов, темно-красная окраска, обладает устойчивостью к коккомикозу и монилиозу. Эта форма характеризуется сильным нарушением хода мейоза. Число нарушений на разных стадиях варьирует от 43,3% (стадия тетрад) до 80,2% (стадия анафазы-I) [2]. Среди нарушений, обычно встречающихся у полиплоидных форм и у отдаленных гибридов, у данной триплоидной формы обращают на себя внимание такие, как наличие крупных МКП с двумя, тремя нормальными ядрами еще на стадии профазы. В дальнейшем, в ходе мейоза, наблюдаются микроспороциты с увеличенным числом фигур деления (например, 6 веретен нормально развитых на стадии M_{II}, или гигантские микроспороциты неправильной формы на стадии T_{II}, число ядер у которых достигает 20).

В результате анализа характера конъюгации хромосом установлено, что у формы 85023 преобладает бивалентная конъюгация. Биваленты составляют в среднем 9,8 на 1 МКП, унивалентны 3,3 и триваленты 0,4.

Ассоциаций с более высокой валентностью у данной формы не обнаружено. Что касается числового распределения хромосом во время анафазы-II, установлено, что 18,6% гамет будут иметь гаплоидное число хромосом n=x=8, 4,7% – диплоидное n=2x=16. Остальные 76,7% гамет будут иметь анеуплоидное число хромосом – 1 до 18.

Следовательно, при использовании формы 85023 в гибридизации в качестве опылителя можно ожидать появления среди гибридного потомства особей со сбалансированным числом хромосом.

85017 – тетраплоидный гибрид, происхождение: Любская×вишня Максимовича, мелкий размер плодов, почти черная окраска, обладает устойчивостью к коккомикозу и монилиозу.

Химический состав плодов: РСВ до 22,0%, сахаров 10,5; кислот до 2,8; СКИ до 3,9; содержание АК до 12,3 мг/100 г.

У этой формы в ходе мейоза при формировании микроспор отмечены нарушения на всех последовательных стадиях. Число их составляет от 15,3% ($Т_{II}$) до 52,5% ($А_{II}$). На начальных стадиях $М_{I}$ и $_{II}$, $А_{I}$ и $_{II}$ нарушений больше, на завершающих стадиях мейоза ($Т_{I}$ и $_{II}$, тетрады) – меньше. В результате мейоз завершается формированием более 80% нормальных тетрад. Одномерные, среднего размера пыльцевые зерна составляют более 90% [1].

Таким образом, полученные нами данные позволяют сделать вывод, что гибрид 85017 вполне может быть использован в селекции в качестве отцовского родителя.

Полученные доноры используются в дальнейшей селекционной работе, на их основе получены растения следующего поколения, устойчивые к грибным болезням и имеющие тетраплоидный набор хромосом.

Литература

1. *Горбачева Н. Г.* Формирование гамет у отдаленного гибрида вишни № 85017 // Актуальные проблемы садоводства в России и пути их решения : материалы Всерос. науч.-метод. конф. молодых ученых (2 – 5 июля 2007 г., Орел). // ВНИИСПК. 2007. С. 43 – 47.
2. *Седышева Г. А., Джигадло Е. Н., Горбачева Н. Г.* Микрогаметогенез у межвидового триплоидного гибрида вишни *Cerasus* Mill.×*Padellus maximoviczii* Erem. et Jushev // сб. Сел. и сорторазведение садовых культур. Орел: ВНИИСПК, 2007. С. 189 – 198.
3. *Седышева Г. А., Джигадло Е. Н.* Возможность использования пентаплоидных форм в селекционной работе с вишней // Совершенствование сортимента и технология возделывания косточковых культур. Орел, 1998. С. 206-208.
4. *Седышева Г. А. Князева Е. А., Джигадло Е. Н., Джигадло М. И.* Перспективы использования в селекции плодовитого триплоидного гибрида вишни / Любская×Сахалинская // Проблемы устойчивого развития садоводства Сибири: сб. Барнаул, 2003. С. 113 – 117.

ГЕНЕТИЧЕСКОЕ РАЗНООБРАЗИЕ МЕСТНЫХ СОРТОВ МЯГКОЙ ПШЕНИЦЫ *TRITICUM AESTIVUM* L. ПО ГЕНАМ ЗАПАСНЫХ БЕЛКОВ (ГЛИАДИНОВ)

А. Ю. Драгович[1], А. В. Фисенко[1], О. П. Митрофанова[2]

[1]Институт общей генетики им. Н. И. Вавилова, РАН, Москва, Россия, e-mail: dragova@mail.ru

[2]Государственный научный центр РФ Всероссийский научно-исследовательский институт растениеводства им. Н. И. Вавилова РАСХН, Санкт-Петербург, Россия, e-mail: o.mitrofanova@vir.nw.ru

Резюме

Изучено распространение множественных аллелей глиадинкодирующих локусов и распределение их частот у местных сортов мягкой пшеницы из 8 регионов. На основании полученных данных обсуждаются вопросы генетической изменчивости местных и современных сортов, а также вопросы генетической взаимосвязи местных сортов разных регионов.

GENETIC DIVERSITY AT BREAD WHEAT LANDRACES ON STORAGE PROTEIN TRITICUM AESTIVUM L GENES (GLIADIN CODING GENES)

A. Yu. Dragovich[1], A. V. Fisenko[1], O. P. Mitrofanova[2]

[1]N. I. Vavilov Institute of General Genetics RAS, Moskow, Russia, e-mail: dragova@mail.ru

[2]State Scientific Centre N. I. Vavilov All-Russian Research Institute of Plant Industry of RAAS, St. Petersburg, Russia, e-mail: o.mitrofanova@vir.nw.ru

Abstract

Distribution and frequencies of gliadin multiple alleles for bread wheat landraces from 8 geographic regions has been studied. Some questions concerning modern commercial cultivars and landraces genetic diversity as well as genetic distance between different region cultivars are discussed.

Введение

Формирование генетического разнообразия местных сортов мягкой пшеницы происходило в течение длительного времени в относительно изолированных друг от друга очагах земледелия [3]. Многообразие в этих очагах почвенных, климатических и биотических условий обусловило формирование местных сортов, адаптированных, благодаря действию естественного отбора, к определенным комплексам факторов внешней среды и культуре земледелия [11]. В то же время в условиях интенсификации сельскохозяйственного производства во всем мире развивается тенденция к уменьшению генетического разнообразия коммерческих сортов мягкой пшеницы [8, 20]. Такой процесс, как известно, ведет к снижению адаптивного потенциала вида в меняющихся условиях внешней среды [1].

В связи с этим важнейшей задачей становится изучение генетического разнообразия стародавних местных сортов из различных регионов, так как местный генофонд является потенциальным источником ценных генов и аллелей, которые не были охвачены селекцией. Кроме того, исследование местных сортов имеет большое значение для изучения проблемы эволюции мягкой пшеницы, а также путей ее распространения, связанных с миграцией и хозяйственной деятельностью человека.

Изучение генетического разнообразия предполагает наличие эффективных генетических маркеров, с помощью которых можно различать генотипы и оценивать уровень внутри- и межсортового полиморфизма. К числу таких маркеров относят множественные аллели локусов, детерминирующих синтез запасных белков зерновки – глиадинов, с использованием этих маркеров теоретически можно различить более 1 млн генотипов [10, 12, 15, 16, 21]. Обширные базы данных по распределению аллелей глиадинкодирующих локусов составлены, в основном, для современных коммерческих сортов [4, 7, 8a, 13, 14, 16, 17, 19]. В то же время старые местные сорта мягкой пшеницы по генам запасных белков остаются недостаточно исследованными.

Цель нашей работы – изучить аллельное разнообразие генов запасных белков (глиадинов) у стародавних местных сортов мягкой пшеницы различных регионов.

Материалы и методы

Для исследования запасных белков (глиадинов) эндосперма зерновок использовали метод одномерного электрофореза [6, 15]. Идентификацию аллелей глиадинкодирующих локусов проводили в соответствии с каталогом аллелей [13]. Генетическую гетерогенность *(H)* рассчитывали по [18], а оценку генетического расстояния (d^2) и кластеризацию групп сортов делали по [22].

Всего проанализировано 87 местных сортов, от 10 до 60 зерновок каждого сорта, в зависимости от количества имеющегося материала и полиморфизма (или гетерогенности) образца (табл. 1).

Результаты и обсуждение

При исследовании местных сортов мягкой пшеницы был обнаружен исключительно высокий внутри- и межсортовой полиморфизм по генам запасных белков (табл.1). Примерно 70% сортов оказались полиморфными и гетерогенными по составу глиадинов, т. е. содержали 2 и более вариантов электрофоретических спектров, контролируемых разными аллелями одного глиадинкодирующего локуса. Так, у 8 местных афганских сортов суммарно выявлено 64 глиадиновых биотипа (т. е. в среднем по 8 биотипов на сорт). Можно отметить также отдельные образцы из Афганистана (к-49017), Украины, Крыма (к-8200) и России, Нечерноземья (Стрелинская к-38453), у которых обнаружено 25, 14 и 15 биотипов соответственно, а также образцы, представляющие собой популяции, состоящие из гексаплоидных и тетраплоидных видов пшеницы (к-49068). Среди современных

коммерческих сортов число полиморфных или гетерогенных сортов варьирует от 0,5% (Франция) до 43% (Саратов) [6, 14].

Таблица 1. Показатели аллельного разнообразия в группах староместных сортов

Группы сортов	Число исследованных сортов		Количество аллелей	
	всего	из них гетерогенных	всего	новых
Афганистан	8	7	58	17
Грузия	9	8	50	8
Польша	7	7	25	2
Россия, Нечерноземье	11	10	44	6
Россия, Поволжье	11	4	28	1
Таджикистан, Горный Бадахшан	15	8	50	12
Украина (без Крыма)	11	5	31	0
Украина, Крым	15	13	43	5

В результате анализа у 87 местных сортов выявлено 50 аллелей глиадинкодирующих локусов из 111, известных к моменту исследования, а также 51 аллель (45,9% от суммарного числа), которые не были обнаружены ранее и не внесены в существующий каталог, т. е. «новые» аллели. Они встречались с частотой 1,3 – 17,4%. Необходимо отметить, что существующий каталог аллелей глиадинкодирующих локусов создавался на основе изучения в основном современных коммерческих сортов. Для каталога исследовали более 500 сортов отечественной и зарубежной селекции. Поэтому «новые» аллели представляют собой ту часть генофонда мягкой пшеницы, которая либо не была задействована в селекционных программах изначально, либо элиминировалась случайно в результате отборов или по причине несоответствия требованиям, предъявляемым к селекционному материалу. Особенно много «новых» аллелей у сортов из Афганистана (17), Таджикистана, Горного Бадахшана (12) и Грузии (8) (см. табл. 1). Большинство «новых» аллелей уникальны и могут считаться эндемичными. Высокое генетическое разнообразие сортов трех упомянутых регионов подтверждается и расчетом показателя генетической гетерогенности (*H*) (рис.1).

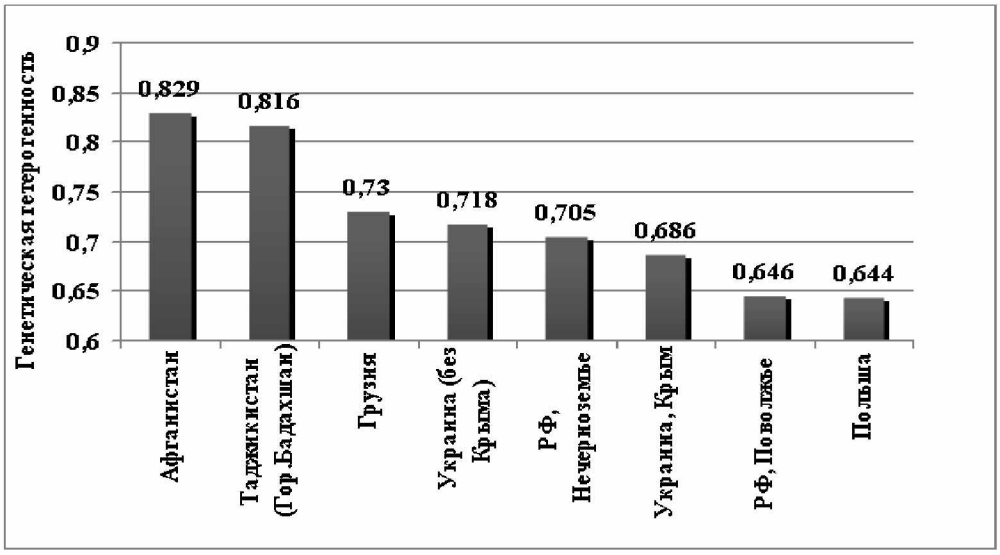


Рис. 1. Показатели генетической гетерогенности (*H*) в группах староместных сортов

Как видно из рис. 1, сорта Афганистана (*H* = 0,83), Таджикистана, Горного Бадахшана (*H* = 0,82), а также Грузии (0,73) характеризуются наивысшими показателями. Наиболее высокую генетическую изменчивость наблюдали для таджикских и грузинских сортов (0,83 и 0,81 соответственно) и в нашем предыдущем исследовании, когда сравнивали гетерогенность сортов 19 разных регионов [8, 9]. Но тогда в исследование не были включены сорта

Афганистана. Учитывая результаты настоящего и предыдущего исследований, можно заключить, что сорта Афганистана, Таджикистана и Грузии характеризуются наивысшим генетическим разнообразием среди всех исследованных групп стародавних сортов, у них обнаруживается и большее число не найденных у современных сортов уникальных аллелей. Именно эти территории Н. И. Вавилов [2, 3] считал центрами разнообразия и, возможно, историческими центрами происхождения мягкой пшеницы, особенно выделяя сорта Афганистана1.

Для исследуемых групп сортов были рассчитаны частоты аллелей. Часто встречающиеся аллели представлены в табл. 2.

Таблица 2. Наиболее распространенные аллели в группах староместных сортов

Регионы	Наиболее распространенные аллели*					
	Gli-A1	*Gli-B1*	*Gli-D1*	*Gli-A2*	*Gli-B2*	*Gli-D2*
Афганистан	*a+f+n*	*b+n+new*	*a+i*	*new1+new2*	*o+new1*	*e+a*
Таджикистан, Горный Бадахшан	*a+m+o*	*b+k+h*	*a*	*f+u+new1*	*r+new2*	*e+j*
Грузия	*a+f+m*	*b+k*	*a+g*	*f+u*	*new3*	*e+s*
Украина (без Крыма)	*f+o*	*b*	*g*	*f+i*	*o+e*	*e*
Россия, Нечерноземье	*o*	*b+h*	*a+d*	*f+n*	*r*	*a+p*
Украина, Крым	*a+m*	*b*	*a+g*	*f*	*o*	*e*
Россия, Поволжье	*f+i*	*e*	*a*	*q+s*	*s+q*	*e+s*
Польша	*d+o*	*h*	*a+i*	*f+r+new1*	*r+i*	*a+r*

*К наиболее распространенным здесь отнесены аллели, встречающиеся с частотой не менее 15%

Как видно из данных таблицы, широким распространением характеризуются аллели *Gli A1a, Gli B1b, Gli D1a, Gli A2f, Gli D2e.* Они с высокой частотой обнаруживаются и у современных сортов. Уникальные аллели, отсутствующие в генофонде современных коммерческих сортов, обозначены нами как «*new*».

Генотипы, содержащие новые аллели глиадинкодирующих локусов, можно использовать в селекционных программах в качестве источников и доноров генетической изменчивости. Известно, что многие местные сорта характеризуются повышенным иммунитетом и устойчивостью к неблагоприятным условиям среды. Поиск среди них эффективных аллелей генов устойчивости к патогенам и вредителям, абиотическим и биотическим стрессам может дать существенный экономический эффект, а проведение скрещиваний проще, чем при отдаленной гибридизации и введении аллелей генов из геномов ближайших родственников мягкой пшеницы.

Различия в составе аллелей и их частотах позволили оценить генетические расстояния d^2 между сортами разных регионов (рис. 2). Минимальное генетическое расстояние (d^2 = 0,067) обнаружено для сортов Грузии и Таджикистана, что подтверждает полученные ранее результаты о близости генофондов мягкой пшеницы этих двух стран. В один кластер с ними группируется пара Россия, Нечерноземье – Польша. Как известно, местные сорта Польши внесли большой вклад в формирование генофонда сортов этого российского региона. Расстояние между ними составляет 0,095. К данному центральному кластеру примыкает группа сортов из Афганистана (генетическое расстояние 0,17).

Ранее нами было показано, что местные сорта Таджикистана, Испании, России и Польши включают в себя часть древнего генофонда мягкой пшеницы, распространение которой можно условно обозначить как «первый поток генов из Азии в Европу» [5, 9]. Генетическая близость между указанной группой сортов и сортами Афганистана, наличие у них общих

1 Для сравнения отметим, что гетерогенность современных сортов разных регионов колеблется от 0,42 (Россия, Саратовская обл.) до 0,70 (Россия, Краснодарский край; Италия) (Новосельская-Драгович и др., 2003 – 2006).

редких аллелей, не встречающихся у всех других исследованных сортов, позволяет предположить, что и афганские сорта несут в себе компоненту древнего генофонда.

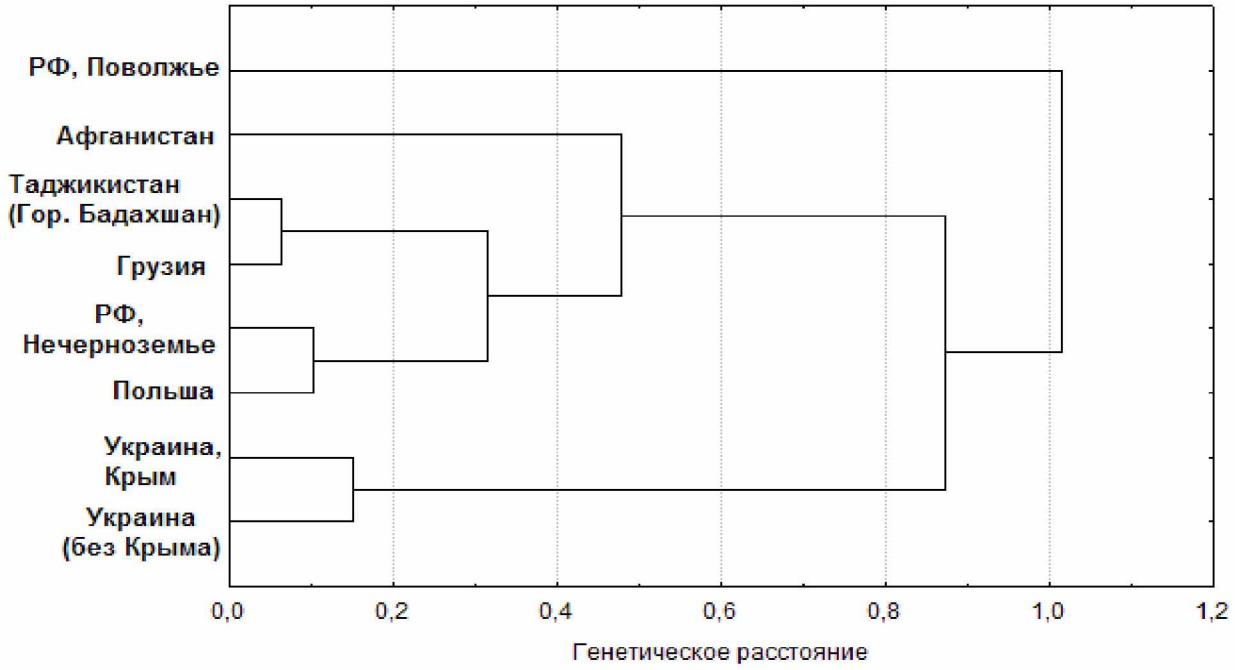


Рис. 2. Генетические расстояния между группами местных сортов разных стран

Таким образом, сорта горных районов Афганистана, Памира и Закавказья, характеризующиеся максимальным генетическим разнообразием, объединяются в близкородственную группу. Генофонды сортов мягкой пшеницы этих регионов на заре развития земледелия могли представлять собой единое целое либо в значительной степени перекрываться.

Сорта Крыма, группирующиеся отдельно от других сортов Украины (расстояние между группами 0,40), по нашим данным, распространились позже и пришли из Закавказья. У этих сортов совсем не обнаружено уникальных, не встречающихся в других регионах аллелей. Это подтверждает их более позднее появление, а также интенсивное использование всего генофонда мягкой пшеницы этого региона, послужившего основой для современных российских и украинских сортов. Несмотря на географическую близость территорий Крыма и Украины, между сортами этих регионов обнаруживается довольно большое генетическое расстояние (d^2 = 0,15), по сравнению, например, с сортами Таджикистана и Грузии. Территории этих стран разделены примерно двумя тысячами километров, но сорта между собой генетически тесно связаны (d^2 = 0,067), что, вероятно, определяется историей расселения народов-земледельцев, проживавших на этих территориях.

Сорта Поволжья России выделяются как особая ветвь, но это, по-видимому, обусловлено отсутствием звеньев, связанных с ними, например, пшениц Азербайджана, Армении, Сибири России, целого ряда стран Азии.

Заключение

Исследование местных сортов пшеницы из восьми разных регионов по генам глиадинов позволило выявить их высокое внутри- и межсортовое генетическое разнообразие, превышающее аналогичные показатели современных сортов. Высокая изменчивость, характеризующая старые сорта по сравнению с современными, наличие у них аллелей, не встречающихся в генофонде современных сортов, свидетельствует о сужении генетической изменчивости у возделываемой мягкой пшеницы. Это влияет на пластичность вида, может уменьшить возможности его приспособления к изменяющимся климатическим и

фитопатогенным условиям, новым пестицидам и гербицидам, а также новым технологиям возделывания. Аллели, не обнаруженные у коммерческих сортов и встречающие с высокой частотой у стародавних сортов, могут быть включены в селекцию.

Сорта Афганистана, Таджикистана и Грузии, обладающие максимальным генетическим разнообразием среди изученных групп местных сортов, более чем на 95% охватывают их аллельное разнообразие, отличаясь при этом от них наличием большого числа уникальных аллелей. Эти результаты хорошо согласуются с представлениями Н. И. Вавилова о горных территориях Центральной Азии как центрах разнообразия мягкой пшеницы.

Сорта горных районов Афганистана, Памира (Горного Бадахшана) и Закавказья объединяются в близкородственную группу. Генофонды сортов мягкой пшеницы этих регионов на заре развития земледелия могли представлять собой единое целое либо в значительной степени перекрываться.

Местные сорта Таджикистана, Испании, Польши и Нечерноземной зоны России, что было показано ранее [5, 9], а также Закавказья и Афганистана, как следует из данной работы, включают в себя часть древнего генофонда мягкой пшеницы, распространение которого можно условно обозначить как «первый поток генов из Азии в Европу».

Работа выполнена при поддержке Программы Президиума РАН «Биоразнообразие», подпрограммы «Генофонды и генетическое разнообразие».

Литература

1. *Алтухов Ю. П.* Генетические процессы в популяциях // М.: Академкнига, 2003. 431 с.
2. *Вавилов Н. И.* Центры происхождения культурных растений // Тр. по прикл. бот., ген. и сел. 1926. Т. 16, вып. 2.
3. *Вавилов Н. И.* Роль Центральной Азии в происхождении культурных растений // (Тр. по прикл. бот., ген. и сел. 1931) / Происхождение и география культ. раст. – (ред. Дорофеев В. Ф.) Л.: Наука, 1987. Т. 26, вып. 3. С. 171 – 190.
4. *Новосельская-Драгович А. Ю., Зима В. Г., Фисенко А. В., Беспалова Л. А., Букреева Г. И., Мельникова Е. Е., Пухальский В. А.* Сопоставление двух существующих каталогов аллелей глиадинкодирующих локусов у озимой мягкой пшеницы // Генетика. 2006. № 8. С. 1107 – 1116.
5. *Новосельская-Драгович А. Ю., Фисенко А. В., Митрофанова О. П.* Изменчивость глиадинкодирующих локусов у местных сортов мягкой пшеницы *Triticum aestivum* L. // II Вавиловская Междунар. конф. «Ген. ресурсы культ. раст. в XXI веке: состояние, проблемы, перспективы». Спб., 26-30 ноября 2007. СПб.: ВИР, 2007. С. 23 – 24.
6. *Новосельская А. Ю., Метаковский Е. В., Созинов А. А.* Изучение полиморфизма глиадинов некоторых сортов пшеницы методами одномерного и двумерного электрофореза // Цитология и генетика. 1983. Т. 17, № 5. С. 45 – 52.
7. *Новосельская-Драгович А. Ю., Крупнов В. А., Сайфулин Р. А., Пухальский В. А.* Динамика генетического разнообразия саратовских сортов мягкой пшеницы *Triticum aestivum* L. (по глиадинкодирующим локусам) за 80-летний период научной селекции // Генетика. 2003. Т. 39, № 10. С. 1338 – 1346.
8. *Новосельская-Драгович А. Ю., Фисенко А. В., Имашева А. Г., Пухальский В. А.* Сравнительный анализ динамики генетического разнообразия по глиадинкодирующим локусам среди сортов озимой мягкой пшеницы *Triticum aestivum* L., созданных за 40-летний период научной селекции в Сербии и Италии // Генетика. 2007а. Т. 43 № 11. С. 1478 – 1486.
9. *Новосельская-Драгович А. Ю., Фисенко А. В., Упелниек В. П., Николаев А. А.* Исследование генома культурных растений и их сородичей применительно к генетической теории селекции: анализ мирового разнообразия мягкой пшеницы (*Triticum aestivum* L.) по глиадинкодирующим локусам // «Биоразнообразие и динамика генофондов» Подпрограмма II «Динамика генофондов». Материалы отчетной конференции. Программа фундаментальных исследований РАН № 11. М.: РАН, 2008. С. 195 – 198.
10. *Созинов А. А.* Полиморфизм белков и их значение в генетике и селекции. М.: Наука, 1985. 272 с.
11. *Якубцинер М. М.* К истории культуры пшеницы в СССР: Материалы по истории земледелия в СССР. М. – Л. 1956. Т. 2.
12. *Mecham D. K., Kasarda D. D., Qualset C. O.* Genetic aspects of wheat gliadin proteins // Biochem. Gen. 1978. V. 16, № 7/8. P. 831 – 853.

13. *Metakovsky E. V.* Gliadin allele identification in common wheat. II. Catalogue of gliadin allele in common wheat // J. Gen. & Breed. 1991. V. 45. P. 325 – 344.
14. *Metakovsky E. V., Branlard G.* Genetic diversity of French common wheat germplasm based on gliadin alleles // Theor. Appl. Gen. 1998. V. 96. P. 209 – 218.
15. *Metakovsky E. V., Novoselskaya A. Yu.* Gliadin allele identification in common wheat. I. Methodological aspects // J. Gen. & Breed. 1991. V. 45. P. 319 – 323.
16. *Metakovsky E. V., Novoselskaya A. Yu., Kopus M M, Sobko N A., Sozinov A. A.* Blocks of gliadin components in winter wheat detected by one-dimensional polyacrilamide gel electrophoresis // Theor. Appll Gen. 1984. V. 67. P. 559 – 568.
17. *Metakovsky E. V., Pogna N. E., Biancardi A. M, Redaelli R.* Gliadin allele composition of common wheat cultivars grown in Italy // J. Gen. & Breed. 1994. V. 48. P. 55 – 66.
18. *Nei M.* Genetic distance between populations // Amer. Natur. 1972. № 949. P.283 – 292.
19. *Novoselskaya-Dragovich A. Yu., Fisenko A. V., Dencic S., Kobiljski B.* Dynamics of genetic variation at gliadin-coding loci in bread wheat cultivars developed in the Institute Field and Vegetable Crops (Novi Sad, Serbia) during 40 years // Plant breeding and seed production. 2005. № 1 – 4. P. 57 – 85.
20. *Porceddu E., Ceoloni C., Lafiandra D., Tanzarella O. A., Scarascia A., Magnozza G. T.* Genetic resources and plant breeding: problems and prospects // Proc 7th Intern. Wheat Gen. Symp.: 1988. P. 7-21.
21. *Shepherd K. W.* Genetics of wheat endosperm proteins – in retrospect and prospect // Proc. Int. Wheat Gen. Symp. Cambrige, 1968. V. 2. P. 919 – 931.
22. *StatSoft,* Inc. STATISTICA (data analysis software system), version 6. 2001. www.statsoft.com

ДИКОРАСТУЩИЕ КОСТОЧКОВЫЕ ПЛОДОВЫЕ РАСТЕНИЯ РОССИИ И СТРАН БЛИЖНЕГО ЗАРУБЕЖЬЯ И ИХ ИСПОЛЬЗОВАНИЕ В СЕЛЕКЦИИ

Г. В. Еремин
ГНУ Крымская опытно-селекционная станция ГНУ Северо-Кавказский зональный научно-исследовательский институт садоводства и виноградарства РАСХН, Крымск, Россия,
e-mail: kross67@mail.ru

Резюме

Было проведено 20 экспедиций ВНИИР с участием сотрудников Крымской опытно-селекционной станции по сбору образцов дикорастущих косточковых растений России и стран Ближнего зарубежья. На Крымской ОСС сосредоточен их генофонд в количестве 5000 генотипов. Их изучение позволило уточнить происхождение, систематику и изучить полиморфизм ряда видов рода *Prunus* L. Выделены источники и получены доноры селекционно-значимых признаков. С их участием выведен ряд новых клоновых подвоев и декоративных сортов косточковых культур.

WILD STONE-FRUIT PLANTS OF RUSSIA AND EX-USSE COUNTRIES AND THEIR UTILIZATION IN BREEDING

G. V. Eremin
Krymsk Experiment and Breeding Station of the North-Caucasian Regional Research Institute of Horticulture and Viticulture, Krymsk, Russia, e-mail: kross67@mail.ru

Abstract

The Vavilov Institute organized 20 collecting missions with participation of scientists from Krymsk Experiment and Breeding Station to gather samples of wild stone-fruit plants in Russia and countries of the former USSR. Genetic diversity of these plants maintained at Krymsk Experiment and Breeding Station is represented by 5000 genotypes. Studying this diversity helped to define with more accuracy the origin and taxonomy of several *Prunus* species and examine their polymorphism. Sources and donors of commercial characters have been identified and produced. They were used to develop a number of new clonal rootstocks and ornamental varieties of stone-fruit plants.

Территория России расположена в зоне рискованного плодоводства. Косточковые плодовые растения вынуждены находиться в условиях весьма суровых для их возделывания. Необходимость использования в селекции наиболее адаптивных, прежде всего зимостойких, дикорастущих косточковых растений здесь чрезвычайно актуальна. В формировании местных сортиментов плодовых культур России дикорастущие косточковые растения имеют важное значение. Хорошо известна роль терна в происхождении сортов домашней сливы (включая тернослиу) и вишни степной – поволжских сортов вишни. На важное значение дикорастущих плодовых, в том числе косточковых, растений нашей страны для селекции указывал Н. И. Вавилов [1]. В 20–30-е годы ВИР провел большую работу по сбору дикорастущих косточковых растений и их изучению. В ней принимали участие М. Г. Попов, Н. В. Ковалев, В. П. Екимов и ряд других выдающихся ученых. Ими проведены экспедиции на большей территории СССР.

Селекционерами нашей страны дикорастущие косточковые растения с успехом были использованы при выведении зимостойких сортов косточковых культур. И. В. Мичурин [9] вывел ряд сортов сливы с использованием терна и тернослиы – Ренклод терновый, Ренклод колхозный, Терн десертный, а также сорта вишни с участием вишни степной – Идеал, Полевка и др. В этом направлении успешно трудились селекционеры Поволжья, Урала, Сибири, создавшие ряд ценных сортов сливы и вишни. Трудами И. В. Мичурина [9], Г. Т. Казьмина [8], А. Н. Веньяминова [2] создан зимостойкий сортимент абрикоса с использованием абрикоса маньчжурского. Тем не менее, огромный потенциал, особенно адаптивности к различным стрессорам, заложенный в дикорастущих косточковых растениях России и сопредельных стран, до настоящего времени должным образом не использован. Это связано с недостаточной изученностью разнообразия их видов и отсутствием банка выделенных доноров и источников селекционно-значимых признаков.

Сотрудниками Крымской ОСС в составе экспедиций ВНИИР им. Н. И. Вавилова во второй половине минувшего века была проведена работа по сбору и изучению образцов дикорастущих косточковых растений на территории бывшего СССР. Для этого провели более 20 экспедиций и собрали генофонд косточковых растений, включающий 5000 генотипов, преимущественно дикорастущих косточковых растений.

Дикорастущие виды косточковых по величине их ареала и полиморфизма условно можно разделить на четыре группы (табл. 1).

Таблица 1. Различие между дикорастущими видами косточковых растений по полиморфизму и величина ареала в пределах России и сопредельных стран

Виды полиморфные, ареал		Виды с ограниченным полиморфизмом, ареал ограниченный	Виды, встречающиеся на очень небольшой территории
очень большой	средний		
P. cerasifera	*P. avium*	*P. kurilensis*	*P. scoparia*
P. spinosa	*P. sachalinensis*	*P. ssiori*	*P. pedunculata*
P. fruticosa	*P. maackii*	*P. glandulosa*	*P. amygdalus*
P. mahaleb	*P. maximovichii*	*P. sibirica*	
P. nana	*P. microcarpa*	*P. petunnikovii*	
P. padus	*P. incana*		
	P. prostrata		
	P. manshurica		
	P. spinosissima		

При селекционном использовании лучших генотипов следует учесть тот факт, что большинство из них принадлежат к видам полиморфным, занявшим в природе большой ареал, обладают большим потенциалом адаптивности. Наоборот, виды с ограниченным ареалом, более специализированные, интересны тем, что обладают уникальными селекционно-значимыми признаками и различия в степени их выраженности у дикорастущих

косточковых растений бывают меньшими. Для ряда полиморфных дикорастущих видов рода *Prunus* была уточнена или заново разработана внутривидовая таксономия – *P. cerasifera, P. spinosa, P. nana, P. incana, P. prostrata* (табл. 2).

Таблица 2. Внутривидовые таксоны у дикорастущих видов *Prunus*, произрастающих в России и странах Ближнего зарубежья

Вид	Подвид	Разновидности
Prunus cerasifera Ehrh.	subsp *cerasifera* ecies *orientslis* (M.Pop) Erem. et Garcov. *macrocarpa* Erem. et Garcov.	var. *orientalis* var. *ursina* (Kotsch.) Erem. et Garcov.
Prunus spinosa L.	*spinosa* *australis* Erem. *occidentalis* Erem. *boreali-orientalis* Erem.	
Prunus prostrata Labill.		var. *bifrons* (Fritsch) Erem. et Yuschev var. *tianschanica* (Pojark.) Erem. et Yuschev var. *verrucosa* (Franch) Erem. et Yuschev
Prunus incana Stev.		var. *incana* var. *araxina* (Pojark.) Erem. et Yuschev var. *Blinovskii* Vlad-Torh. Erem. et Yuschev
Prunus nana (L.) Bent et Hedr.		var. *nana* var. *georgica* (Dest) Erem. var. *ledebouriana* (Schlecht.) Erem.

Еще ряд видов нуждаются в такой проработке. Это в первую очередь следует отнести к видам *P. padus, P. avium, P. mahaleb, P. sachalinensis, P. maximoviczii.* Это можно сделать с привлечением нового материала из различных географических пунктов и местообитаний.

Отдаленная гибридизация у дикорастущих видов косточковых растений и ее роль в видо- и формообразовании

При экспедиционном изучении косточковых плодовых растений было установлено, что во всех регионах их произрастания идет активный процесс межвидовой гибридизации. Из обследованных территорий в этом отношении выделяется Памир. Это, выражаясь языком Н. И. Вавилова, настоящее «пекло творения». Здесь выделены спонтанные гибриды, получить_которые в эксперименте пока не удалось (табл. 3).

Таблица 3. Спонтанные гибриды, выделенные на Памире

Гибрид	Фертильность	Частота встречаемости при совместимости произрастания родительских видов
P. prostrate × *P. ulmifolia*	Единичные плоды	Часто
P. prostrate × *P. cerasifera*	"	"
P. prostrate × *P. bucharica*	Бесполый	Очень редко
P. cerasifera × *P. ulmifolia*	Фертильный	Часто
P. cerasifera × *P. bucharica*	Бесплодный	Редко
P. bucharica × *P. amygdalus*	Фертильный	Часто
P. bucharica × *P. spinosissima*	"	"
P. ulmifolia × *P. bucharica*	Бесплодный	Редко

Здесь смыкаются ареалы видов рода *Prunus,* происхождение которых связано с различными центрами происхождения. В частности, абрикос обыкновенный – *P. armeniaca* и луизеания вязолистная – *P. ulmifolia* – виды Восточноазиатского генцентра, алыча –

P. cerasifera и антипка – *P. mahaleb* – Переднеазиатского, а виды миндаля: метельчатый – *P. scoparia* и обыкновенный – *P. amygdalus* L. – среднеазиатские. В то же время здесь произрастает ряд видов, возникших на Памире, Копетдаге и Тянь-Шане в результате гибридизации между произрастающими здесь видами рода *Prunus*. Гибридогенными являются виды – *P. bucharica, P. spinosissima, P. prostrata, P. petunnikovii, P. darvasica* [3, 5].

Это свидетельствует о большой эволюционной роли отдаленной гибридизации для косточковых растений. В селекционной работе с ними данный факт необходимо использовать по возможности в большем масштабе, что доказано результатами работы выдающихся селекционеров, начиная с И. В. Мичурина и Л. Бербанка. Особенно предрасположены к межвидовой гибридизации виды *P. cerasifera, P. microcarpa, P. ulmifolia,* для которых известно наибольшее число межвидовых гибридов [3, 5, 6]. В практике проведения отдаленной гибридизации у видов косточковых растений наиболее эффективно лучшие генотипы этих видов (особенно алычи) использовать в качестве материнских компонентов скрещиваний.

В настоящее время хорошо известен процесс возникновения сортов и сортотипов плодовых косточковых культур в результате переопыления возделываемых сортов с дикорастущими видами. Но в природе идет и иной процесс – увеличения формового разнообразия в популяциях дикорастущих видов за счет гибридизации последних с культивируемыми сортами. Это особенно часто наблюдается там, где по различным причинам остаются заброшенными сады, например на Северном Кавказе, в Поволжье, на Памире, в Армении и Грузии. Для селекционного использования интерес представляют формы дикорастущего миндаля Бухарского на Памире – более сильнорослые, сладкоядерные, тонкоскорлупые (признаки культурных миндалей), гибриды терна с домашней сливой – более сильнорослые, крупноплодные (признаки сливы домашней) на Северном Кавказе и т. д.

Таблица 4. Виды косточковых растений, у которых выделены генотипы с селекционно-значимыми признаками

Признак	Генотипы видов
Легкая скрещиваемость	*P. cerasifera, P. microcarpa, P. ulmifolia, P. fruticosa*
Слаборослость	*P. spinosissima, P. darvasica, P. nana, P. petunnikovii, P. pedunculata, P. fruticosa, P. kurilensis, P. incana, P. prostrata*
Морозостойкость	*P. maackii, P. sachalinensis, P. padus, P. spinosa, P. nana, P. fruticosa, P. sibirica, P. mandschurica*
Засухоустойчивость	*P. spinosa, P. nana, P. fenzliana, P. bucharica, P. mahaleb, P. fruticosa, P. darvasica, P. petunnikovii, P. spinosissima, P. scoparia*
Устойчивость к подопреванию	*P. ulmifolia, P. spinosa, P. cerasifera*
Очень позднее цветение	*P. ssiori*
Устойчивость к болезням	*P. cerasifera, P. sachalinensis, P. maackii*
Устойчивость к хлорозу	*P. spinosa, P. incana*
Устойчивость к почвенным патогенам	*P. cerasifera, P. spinosa*
Размножение черенками	*P. cerasifera, P. maackii, P. mahaleb, P. padus*
Очень позднее созревание плодов	*P. cerasifera, P. spinosa*
Очень раннее созревание плодов	*P. microcarpa, P. cerasifera*

Сравнительное изучение генотипов дикорастущих косточковых растений, собранных на большой территории с различными почвенно-климатическими условиями, в составе генофонда Крымской ОСС позволило более объективно оценить их потенциал по наличию селекционно-значимых признаков. Были выделены источники ценных для селекции признаков, а в ряде случаев отобраны или созданы комплексные доноры, представляющие особый интерес для селекции (табл. 4, 5).

Таблица 5. Доноры селекционно-значимых признаков,выделенные и созданные на Крымской ОСС

Донор	Происхождение	Число хромо-сом	Донорские признаки
Терн Крымский	*P. spinosa*	32	Слаборослость, зимостойкость, позднее цветение, легкая скрещиваемость с другими видами
	P. spinosa × *P. cerasifera*, 4x	32	То же
12-1	*P. domestica* × *P. spinosa*	40	Слаборослость, зимостойкость, компактная крона
ТП-1	*P. spinosa* × *P. persica*, 4x	32	Слаборослость, зимостойкость, фертильность пыльцы
А4Т-1	*P. dasycarpa* × *P.spinosa*	32	Адаптивность к почвенным патогенам, зимостойкость, способность к черенкованию
Алыча Желтая № 1	*P. cerasifera*, 4x	32	Диплоидные гаметы, легкая скрещиваемость с тетраплоидами
С-ц 39-57	*P. persica*, 4x	32	Диплоидные гаметы, легкая скрещиваемость с другими видами
Крымск 61	*P. spinosa*	48	Триплоидные гаметы

Среди генотипов ряда видов косточковых культур выделены некоторые образцы, обладающие уникальными признаками. Это можно сказать о генотипах с нетипичным для данного вида числом хромосом, в частности формы терна Раевская 61 и Молдаванское 12. Многие спонтанные отдаленные гибриды также можно рассматривать как доноры некоторых признаков дикорастущих видов косточковых растений (зимостойкость, засухоустойчивость, устойчивость к болезням, слаборослость и т. д.). В селекции на тетраплоидный уровень представляют интерес генотипы, особенно гибридные, образующие сравнительно много нередуцированных гамет, как гибрид алыча × персик (АП-1).

Использование дикорастущих косточковых растений при выведении новых сортов сопряжено с необходимостью разорвать сцепление положительных и отрицательных признаков. Для этого требуются не менее трех-четырех гибридных поколений. Включение дикорастущих форм в процесс создания сортов с высоким качеством плода целесообразно, прежде всего, для передачи отсутствующего у культивируемых сортов такого признака как высокая устойчивость к биотическим и абиотическим стрессам. В данном случае практическую ценность имеют гибриды F_1, хорошо наследующие высокую адаптивность, слаборослость и способность размножаться вегетативно от дикорастущих видов. Это позволило создать на Крымской ОСС серию клоновых подвоев, включенных в Госреестр селекционных достижений, допущенных к размножению в РФ (табл. 6).

Таблица 6. Клоновые подвои косточковых культур, выведенных на Крымской ОСС с участием дикорастущих видов России

Подвой	Происхождение	Признаки, переданные от дикорастущего вида
Кубань 86	*P. cerasifera* × *P. persica*	Устойчивость к тяжелым почвам, нематодам, легкость размножения черенками
ВВА-1	*P. tomentosa* × *P. cerasifera*	Устойчивость к тяжелым, переувлажненным почвам, легкость размножения черенками

Подвой	Происхождение	Признаки, переданные от дикорастущего вида
ВСВ-1	*P. incana* × *P. tomentosa*	Слаборослость, устойчивость к хлорозу, высоким температурам, размножению отводками
Алаб 1	*P. cerasifera* × *P. armeniaca*	Устойчивость к нематодам, высоким температурам, легкость размножения черенками
ВСЛ-2	*P. fruticosa* × *P. lannesiana*	Устойчивость к низким температурам, слаборослость, засухоустойчивость
ЛЦ-52	*P. cerasus* × *(P. cerasus*×*P. maackii)*	Морозостойкость, устойчивость к болезням и тяжелым почвам
ВЦ-13	*P. cerasus* × *(P. cerasus*×*P. maackii)*	Морозостойкость, устойчивость к тяжелым почвам

Дикорастущие косточковые растения – важнейший резерв в создании сортов декоративного типа, прежде всего красивоцветущих. Особую ценность представляют декоративные формы, выделенные среди образцов черемухи обыкновенной – сорта Чайка и Нежность, а также сорта декоративных вишен на основе вишни сахалинской – Розанна, Кипарисовая, Красная девица, вишни Курильской – Розовая малышка и вишни Маака – Снежный сугроб. Декоративные вишни выведены совместно с сотрудниками Дальневосточной опытной станции ВНИИР (В. П. Царенко, Н. А. Царенко). В настоящее время испытывается ряд декоративных карликовых форм терна и краснолистный слаборослый сорт Красный бордюр (слива русская Лыхны × микровишня простертая).

Выводы

В результате работы по сбору, изучению и селекционному использованию дикорастущих видов косточковых плодовых растений России и стран Ближнего зарубежья можно сделать следующие выводы.

1. Дикорастущие косточковые растения России и стран Ближнего зарубежья представляют немалую ценность для вовлечения в селекцию. Большое разнообразие генотипов, несущих уникальные признаки, вызывает необходимость продолжения работы по сбору, изучению и использованию лучших из них в различных селекционных программах.

2. В эволюции и создании сортов в культуре у косточковых плодовых растений выдающуюся роль играет межвидовая гибридизация. Это позволяет шире использовать метод отдаленной гибридизации, как при совершенствовании сортимента традиционных косточковых культур, так и для создания новых сортотипов и видов косточковых растений.

3. Адаптивный потенциал дикорастущих косточковых растений дает возможность решать важнейшие задачи по созданию высокоадаптивных сортов и подвоев, позволяющих сделать более надежным культивирование косточковых культур в традиционных регионах России и осваивать для них новые территории с более суровыми климатическими условиями.

4. Выделенные в процессе изучения и селекционного использования доноры и источники селекционно-значимых признаков представляют ценность для включения их в различные селекционные программы по совершенствованию сортов и подвоев косточковых культур.

Работа выполнена в рамках межрегионального проекта РФФИ з-офи 09-04-99/126.

Литература

1. *Вавилов Н. И.* Дикие родичи плодовых деревьев азиатской части СССР и Кавказа и проблема происхождения плодовых деревьев. М.–Л.: Изд-во АН СССР, 1960. Т. 2. С. 343–361.
2. *Веньяминов А. Н.* Селекция вишни, сливы и абрикоса в условиях средней полосы СССР. М.: Сельхозгиз, 1954. 349 с.

3. *Еремин Г. В.* Генофонд рода *Prunus* L. и его использование в селекции // Тр. по прикл. бот. ген. и сел. СПб., 2007. Т. 164. С. 208–217.
4. *Еремин Г. В.* Исследование видов рода *Microcerasus* Webb emend. Spach в связи с их селекционным использованием. Л., 1979. Т. 65, вып. 3. С. 70–86.
5. *Еремин Г. В.* Отдаленная гибридизация косточковых плодовых растений. М.: Агропромиздат, 1985. 280 с.
6. *Еремин Г. В.* Слива и алыча. Харьков: Фолио. М.: ООО «Изд-во АСТ», 2003. 302 с.
7. *Еремин Г. В.* Терн и тернослива: пособие для садоводов-любителей. М.: Изд-во «Ниола-Пресс»; Изд. Дом «ЮНИОН-паблик», 2007. 160 с.
8. *Казьмин Г. Т.* Абрикос на Дальнем Востоке. Хабаровск: Кн. изд-во, 1973. 264 с.
9. *Мичурин И. В.* Помологические описания. М.–Л.: ОГИЗ–Сельхозиздат, 1940. 560 с.

КОМПЛЕКСНОЕ ИЗУЧЕНИЕ И ПОДБОР ЭНЕРГЕТИЧЕСКИ ПЛАСТИЧНЫХ СОРТОВ СМОРОДИНЫ ЧЕРНОЙ ДЛЯ УСЛОВИЙ ЦЕНТРАЛЬНОГО ЧЕРНОЗЕМЬЯ

Т. В. Жидёхина
Государственное научное учреждение Всероссийский научно-исследовательский институт садоводства им. И. В. Мичурина РАСХН, Мичуринск–наукоград РФ, e-mail: berrys-m@mail.ru

Резюме

Одним из новых направлений в селекции смородины черной в настоящее время является создание энергетически пластичных сортов. Разнообразие сортов смородины по генетическому происхождению определяет различные уровни чистой продуктивности фотосинтеза (ЧПФ) листьев. Выявлены сортообразцы, характеризующиеся высокими уровнями ЧПФ листьев при невысоком коэффициенте варьирования признака: Сеянец Голубки, Ожерелье, Маленький принц, э. л. с. 17-10-190, 15-15-17, 19-2-19, 19-5-16, 17-10-96, 4-45-75, о. с. 18-2-95, 18-2-101, 18-2-91, 19-4-48, 18-2-150, 18-2-82, 18-2-12, 18-2-44, 15-4-1, 18-2-107, 18-2-72, 15-3-143.

COMPLEX STUDY AND SELECTION OF ENERGETICALLY ADAPTABLE BLACK CURRANT CULTIVARS FOR THE CENTRAL CHERNOZEM REGION

T. V. Zhidyokhina
I. V. Michurin All-Russian Research Institute of Horticulture, Michurinsk, Russia,
e-mail: berrys-m@mail.ru

Abstract

Development of energetically adaptable cultivars is one of the new trends in black currant breeding. The diversity of black currant cultivars in terms of their genetic origin determines different levels of leaf net photosynthesis. The selected varietal samples possessing high levels of leaf net photosynthesis and low coefficient of the trait variability are Sejanets Golubki, Ozherelye, Malenky prints, elite selections 17-10-190, 15-15-17, 19-2-19, 19-5-16, 17-10-96, 4-45-75, promising seedling 18-2-95, 18-2-101, 18-2-91, 19-4-48, 18-2-150, 18-2-82, 18-2-12, 18-2-44, 15-4-1, 18-2-107, 18-2-72, 15-3-143.

Все функции живого организма, требующие энергетических затрат, осуществляются за счет внешних источников энергии. Таким источником для автотрофных организмов является солнечный свет, преобразуемый и запасаемый в процессе фотосинтеза в форме энергии химических связей органических веществ. Биологическое преобразование солнечной энергии в процессе фотосинтеза обеспечивает человечество практически всей пищей, топливом и волокном [5]. Однако в качестве продуктов фотосинтеза растительностью запасается 0,1% световой энергии, падающей на поверхность земли, хотя эта величина почти

в 10 раз превышает мировое потребление энергии [6]. В настоящее время из общей продукции фотосинтеза на суше только 1,6% ассимилятов ежегодно трансформируется в пищевые продукты. На долю растениеводства приходится около 2,7 млрд. т., или 93% всех типов растительных продуктов питания.

В современных промышленных насаждениях ягодных культур достоинства сорта оценивают в первую очередь по количеству и качеству урожая, максимально возможного в оптимальных условиях выращивания. Однако сочетания почвенно-климатических условий в различных зонах товарного ягодоводства нередко складываются довольно неблагоприятно для культивируемых растений, что приводит к значительному снижению урожаев.

Целью наших исследований являлось изучение наиболее значимых физиологических параметров, коррелирующих с продуктивностью смородины черной. Методологическую основу проводимых исследований составляет теория фотосинтетической продуктивности, основные положения которой разработаны А. А. Ничипоровичем (1956, 1977), а ввиду специфичности архитектуры многолетних плодовых и ягодных культур применительно к ним отработаны А. С. Овсянниковым (1985). При оценке фотосинтетической деятельности и определении связи между потенциальной и биологической продуктивностью сортов изучали следующие показатели:

– чистую продуктивность фотосинтеза листьев (ЧПФ, г/м^2 сут);

– фотосинтетический потенциал продуктивности листьев (ΔФП, м^2 сут);

– удельную хозяйственную продуктивность листьев: потенциальную (УПЛ пот., кг/м^2);

– минимальную площадь листьев (ΔS, м^2/ц), необходимую для образования 1 ц ягод за период формирования урожая, с учетом содержания в них общих сухих веществ и конкретной величины ЧПФ листьев.

Разнообразие экологических форм смородины черной из разных мест обитания с широким спектром изменчивости фотосинтетического аппарата создает реальную картину вариабельности фотосинтеза, открывающую возможность для улучшения ассимиляционной деятельности. Исследования физиологических параметров продуктивности у 110 сортообразцов смородины черной различного генетического происхождения показали размах изменчивости ЧПФ листьев от 2,13 г/м^2 сут (отборный сеянец 20-3-70, межвидовой гибрид {смородина черная – европейский, сибирский подвиды, скандинавский экотип европейского подвида; смородина дикуша; смородина уссурийская}) до 11,91 г/м^2 сут (отборный сеянец 18-2-95, межвидовой гибрид {смородина черная – европейский, сибирский подвиды, скандинавский экотип европейского подвида; смородина дикуша; смородина уссурийская}) (табл. 1).

Таблица 1. Фотосинтетические показатели продуктивности у различных сортообразцов смородины черной, в среднем за 1986-2008 гг.

Сорт	ЧПФ, г/м^2 сут		ΔФП, м^2 сут		УПЛ пот., кг/м^2		ΔS, м^2/ц	
	X	V, %	при фактическом содержании сухих веществ	при 15%-ном содержании сухих веществ	при фактическом содержании сухих веществ	при 15%-ном содержании сухих веществ	при фактическом содержании сухих веществ	при 15%-ном содержании сухих веществ
1	2	3	4	5	6	7	8	9
Багира	8,37	31,7	23,55	19,96	2,82	3,36	39,31	33,31
Белорусская сладкая	7,71	27,7	27,28	21,33	2,76	3,08	46,16	36,01
Ben Alder	5,17	0,8	36,39	29,03	1,89	2,38	52,74	42,08
Brodtorp	6,91	17,2	30,21	22,22	2,25	3,00	46,48	34,19
Великанище	6,10	25,2	31,55	25,89	1,97	2,29	55,30	45,53

Сорт	ЧПФ, г/м^2 сут		ΔФП, м^2 сут		УПЛ пот., кг/м^2		ΔS, м^2/ц	
	X	V, %	при фактическом содержании сухих веществ	при 15%-ном содержании сухих веществ	при фактическом содержании сухих веществ	при 15%-ном содержании сухих веществ	при фактическом содержании сухих веществ	при 15%-ном содержании сухих веществ
Велой	5,99	30,5	37,63	26,65	1,61	2,23	68,32	48,34
Воспоминание	5,29	43,7	37,45	31,38	1,84	2,21	63,34	53,10
Выставочная	7,31	20,3	27,63	21,56	2,59	2,91	46,06	35,94
Голубка	3,61	3,2	50,50	41,62	1,03	1,25	97,11	80,03
Детскосельская	6,98	21,3	34,43	22,61	1,94	2,79	57,89	37,99
Диво Звягиной	7,84	17,0	24,04	19,49	2,56	3,12	40,49	33,05
Диковинка	8,43	23,3	18,73	18,58	3,12	2,89	36,08	35,93
Добрая	5,78	28,2	31,97	27,92	2,31	2,31	53,29	46,54
Ершистая	7,76	1,5	30,27	19,32	2,12	3,31	47,30	30,19
Загадка	6,78	2,6	29,22	22,13	1,85	2,44	54,10	40,98
Зеленая дымка (к)	7,53	19,4	25,15	20,70	2,48	2,98	41,97	34,61
Кармен	6,82	23,5	29,72	23,06	2,07	2,73	49,53	38,50
Кармелита	9,61	27,2	18,62	16,24	3,18	3,57	31,83	28,11
Катюша	7,42	21,1	24,51	21,08	2,43	2,80	43,58	37,45
Констанция	7,56	12,4	21,60	20,20	2,95	3,19	34,50	32,35
Кудесница	7,59	16,4	25,31	21,64	2,66	3,13	40,47	34,65
Купава	6,92	14,5	24,38	22,61	2,56	2,82	40,30	37,60
Лентяй	4,79	11,3	36,36	31,73	1,73	1,98	58,23	50,84
Любава	6,96	17,8	28,01	22,21	2,19	2,77	47,33	37,51
Маленький принц	8,75	18,8	21,83	17,96	2,81	3,34	37,35	30,85
Минай Шмырев	6,54	17,6	24,19	23,61	2,51	2,47	42,84	41,86
Ожерелье	9,38	4,2	19,76	16,02	2,84	3,50	35,28	28,60
Ojebyn	6,22	33,5	35,92	26,93	1,80	2,34	63,39	47,51
Память Мичурина	6,52	28,8	35,11	24,75	1,81	2,48	60,34	42,73
Приморский чемпион	5,27	13,7	27,27	28,90	2,10	1,93	49,57	52,54
Пушистая	6,70	1,9	28,83	22,40	1,91	2,46	52,42	40,73
Севчанка	4,72	24,3	42,55	32,77	1,49	1,96	70,26	54,24
Селенга	7,30	27,7	25,30	21,88	2,44	2,68	46,00	39,78
Селеченская	6,31	32,1	32,84	25,13	1,99	2,61	54,86	41,99
Сенсей	6,90	25,9	25,75	23,29	2,55	2,74	45,18	40,78
Сеянец Голубки	11,14	18,6	15,19	13,86	3,51	3,84	29,51	26,93
Созвездие	7,66	28,2	24,97	21,71	2,62	2,98	43,09	37,70
Сюита Киевская	5,27	69,5	40,60	37,64	1,95	2,18	70,08	65,08
Талисман	9,25	23,6	18,67	16,95	3,17	3,65	33,24	30,64
Тамерлан	7,72	18,4	23,69	20,19	2,63	3,06	39,27	33,58
Татьянин день	6,89	18,6	24,23	22,42	2,77	2,94	38,08	35,33
Titania	7,50	20,4	27,33	21,12	2,33	3,10	44,24	34,19
Topsy	6,56	15,4	29,22	23,20	2,33	2,93	43,61	34,62
Triton	6,30	32,5	35,15	25,95	1,82	2,45	60,34	44,61
Улыбка	8,18	30,1	25,54	19,71	2,64	3,46	40,56	31,25
Факир	7,18	24,7	23,74	22,64	2,58	2,63	44,01	41,73
Фея ночи	5,73	21,4	30,57	27,45	2,10	2,29	49,54	44,74
Чаровница	6,03	26,5	30,75	26,29	2,19	2,53	49,84	42,99
Чернавка	8,94	30,4	21,78	18,95	3,03	3,59	36,48	31,97
Чернеча	3,47	39,1	56,08	46,79	1,15	1,43	93,10	77,94
Черный жемчуг	7,17	27,2	24,93	22,76	2,65	2,83	41,74	37,86
Шалунья	7,63	21,0	21,61	20,59	2,60	2,70	40,50	38,70

Сорт	ЧПФ, г/м^2 сут		ΔФП, м^2 сут		УПЛ пот., кг/м^2		ΔS, м^2/ц	
	X	V, %	при фактическом содержании сухих веществ	при 15%-ном содержании сухих веществ	при фактическом содержании сухих веществ	при 15%-ном содержании сухих веществ	при фактическом содержании сухих веществ	при 15%-ном содержании сухих веществ
Элевеста	7,82	32,3	24,18	21,34	2,75	3,14	41,09	36,43
3-36-80	6,66	25,0	36,40	23,64	1,74	2,66	60,66	39,40
4-45-75	8,13	15,2	24,10	18,76	2,54	3,25	40,17	31,27
14-7-18	5,99	27,0	32,38	27,15	2,08	2,53	52,85	44,35
15-2-61	7,66	12,0	23,54	19,80	2,41	2,82	43,09	36,15
15-3-111	6,82	16,5	36,69	22,29	1,60	2,58	65,31	39,60
15-3-143	8,17	7,0	23,94	18,42	2,31	3,00	43,54	33,48
15-4-1	8,36	3,1	20,46	17,95	2,89	3,29	34,68	30,42
15-14-29	9,39	24,3	22,80	16,71	2,60	3,40	40,37	29,68
15-14-56	7,48	1,1	23,94	20,06	2,51	2,99	39,91	33,44
15-14-91	3,42	6,8	46,88	43,95	1,18	1,25	85,23	79,90
15-15-17	8,64	3,9	24,21	17,38	2,73	3,80	36,69	26,33
17-10-96	8,14	2,3	23,73	18,44	2,82	3,63	35,41	27,52
17-10-190	9,69	6,3	18,94	15,53	3,49	4,26	28,70	23,53
18-2-3	7,36	15,2	25,93	20,79	2,13	2,68	47,43	37,96
18-2-5	9,68	33,6	18,94	16,79	2,95	3,47	36,22	32,23
18-2-10	9,38	21,9	23,80	16,61	2,45	3,47	43,80	30,61
18-2-12	8,53	9,6	25,20	17,70	2,10	2,99	47,91	33,63
18-2-15	9,56	39,5	22,05	17,45	2,62	3,48	39,07	30,65
18-2-44	8,50	19,2	22,91	18,15	2,42	2,98	44,54	35,06
18-2-45	7,36	17,6	26,96	20,82	1,99	2,60	50,41	38,86
18-2-52	7,32	4,9	25,87	20,56	2,12	2,67	47,45	37,65
18-2-68	9,20	22,5	21,18	16,95	2,59	3,29	39,26	31,01
18-2-71	8,29	28,8	24,39	19,17	2,20	2,89	46,21	36,25
18-2-72	8,19	13,0	23,01	18,61	2,33	2,86	44,11	35,62
18-2-75	9,02	25,6	21,88	17,37	2,60	3,19	40,38	32,17
18-2-82	8,64	13,7	20,18	17,58	2,84	3,27	35,34	30,78
18-2-91	10,05	16,0	18,74	15,25	2,95	3,58	35,90	29,20
18-2-92	7,60	18,8	29,08	20,24	1,84	2,66	55,05	38,44
18-2-93	9,28	22,9	23,80	16,69	2,35	3,33	43,46	30,52
18-2-95	11,91	1,9	14,90	12,63	3,53	4,16	28,64	24,20
18-2-98	8,47	20,4	25,23	18,38	2,05	2,83	50,09	36,51
18-2-100	8,87	21,3	26,94	17,44	2,12	3,19	49,25	31,96
18-2-101	10,45	2,3	18,73	14,36	2,92	3,80	34,42	26,38
18-2-105	9,62	34,5	22,10	16,75	2,57	3,49	39,65	29,93
18-2-107	8,33	5,0	21,72	18,06	2,35	2,83	42,67	35,48
18-2-150	9,67	0,2	22,52	17,36	2,54	3,29	39,50	30,46
19-2-19	8,57	1,9	21,60	17,51	3,10	3,83	32,25	26,14
19-4-6	8,12	58,4	28,93	22,28	2,49	3,22	47,07	36,27
19-4-16	8,22	22,6	25,51	18,75	2,28	3,00	46,01	33,94
19-4-48	9,45	17,7	19,66	16,26	2,84	3,40	36,40	30,11
19-4-60	8,96	23,5	22,63	19,80	2,72	3,13	39,04	34,18
19-4-63	7,65	21,2	26,97	20,23	2,27	2,87	48,69	36,37
19-4-66	10,04	28,2	18,49	15,99	3,44	3,93	31,22	27,01
19-4-104	8,89	39,5	23,57	18,67	2,76	3,47	40,39	32,00
19-4-111	7,74	37,8	24,21	21,24	2,78	3,16	39,88	34,99
19-5-15	7,46	0,7	21,32	20,11	3,05	3,23	32,80	30,93

Сорт	ЧПФ, г/м^2 сут		ΔФП, м^2 сут		УПЛ пот., кг/м^2		ΔS, м^2/ц	
	X	V, %	при фактическом содержании сухих веществ	при 15%-ном содержании сухих веществ	при фактическом содержании сухих веществ	при 15%-ном содержании сухих веществ	при фактическом содержании сухих веществ	при 15%-ном содержании сухих веществ
19-5-16	8,19	4,0	25,43	18,34	2,52	3,50	39,74	28,66
20-3-23	4,42	4,4	53,01	33,98	1,03	1,65	94,66	60,68
20-3-24	3,60	1,0	56,67	41,67	0,99	1,34	101,19	74,41
20-3-26	4,34	1,4	47,67	34,54	1,15	1,59	86,67	62,80
20-3-27	3,50	3,6	57,71	42,85	1,01	1,35	99,50	73,89
20-3-29	3,92	5,9	52,98	38,39	1,10	1,51	91,25	66,19
20-3-70	2,13	4,4	95,11	70,62	0,57	0,77	176,13	130,78
20-3-71	2,55	5,0	70,61	58,84	0,77	0,92	130,76	108,97
21-10-50	5,55	14,8	32,97	27,64	2,06	2,40	49,65	42,19
21-10-60	8,87	35,1	20,48	18,02	3,37	4,00	32,51	28,88
21-11-7	7,13	4,3	22,32	21,05	2,84	3,00	35,95	33,91
$НСР_{05}$	0,63	–	2,63	2,17	0,22	0,26	4,47	3,69

Максимальный уровень ЧПФ листьев отмечен у группы сортов, полученных с участием европейского и сибирского подвидов смородины черной (в среднем 8,41 г/м^2 сут), а минимальный – у групп сортов, полученных с участием европейского, сибирского подвидов смородины черной и скандинавского экотипа европейского подвида (4,72 г/м^2 сут); европейского подвида и скандинавского экотипа (5,17 г/м^2 сут) и европейского подвида и смородины дикуши (5,27 г/м^2 сут).

Величина ЧПФ листьев – очень пластичный признак и подвержена изменчивости под влиянием факторов внешней среды. В результате проведенных исследований выделены сортообразцы, характеризующиеся высокими уровнями ЧПФ листьев, при невысоком коэффициенте варьирования признака: Сеянец Голубки, Ожерелье, Маленький принц, э. л. с. 17-10-190, 15-15-17, 19-2-19, 19-5-16, 17-10-96, 4-45-75, о. с. 18-2-95, 18-2-101, 18-2-91, 19-4-48, 18-2-150, 18-2-82, 18-2-12, 18-2-44, 15-4-1, 18-2-107, 18-2-72, 15-3-143.

Установлено, что высокими уровнями ЧПФ листьев характеризуются в основном сортообразцы раннего срока созревания. Быстрая смена очередных фаз развития нуждается в усиленном энергетическом обеспечении. Продуктивность фотосинтеза листьев у группы сортообразцов раннего срока созревания на 10,1% выше, чем у среднего срока созревания, и на 19,3% выше, чем у позднего срока созревания.

Исходя из теории фотосинтетической продуктивности, можно сказать, что урожай растений находится в зависимости от ЧПФ листьев, площади и времени активной работы листового аппарата, доли использования продуктов фотосинтеза на создание хозяйственно ценной части урожая. Эти признаки в свою очередь зависят от многих факторов: морфофизиологических особенностей растений, агрометеорологических условий, структуры насаждений, светового, воздушного и водного режимов, уровня минерального питания, устойчивости сортов к неблагоприятным условиям среды, болезням и вредителям.

Интенсификация системы возделывания ягодных культур заключается в применении прецизионных технологий возделывания, что позволяет получить более высокие урожаи, улучшить качество ягод, оптимизировать размеры растений и тем самым облегчить сбор урожая. Основной смысл применения техногенных факторов заключается в оптимизации условий абиотической и биотической среды агрофитоценозов в первую очередь с целью повышения их фотосинтетической продуктивности. Увеличить ее можно за счет большей плотности насаждений, оптимизации соотношения между световыми и теневыми

горизонтами листьев, создания и внедрения сортов с определенным фотосинтетическим потенциалом, ускорения темпов формирования фотосинтетической поверхности агрофитоценозов и сохранения ее физиологической и биоэнергетической активности в течение всего периода вегетации. В уплотненных насаждениях смородины черной при выращивании на шпалере отмечена интенсификация ростовых процессов, которая обеспечена более высокими уровнями чистой продуктивности фотосинтеза листьев на 11,6 (Белорусская сладкая) – 73,9% (Тамерлан) (табл. 2).

Таблица 2. Характеристика сортов смородины черной по уровню ЧПФ листьев в зависимости от технологии возделывания

Сорт	Вариант опыта	ЧПФ листьев, г/м^2 сутки				
		2004	2005	2006	2008	в среднем за 2006–2008 гг.
Белорусская сладкая	Куст	12,90	13,60	9,51	4,62	7,07
	Шпалера	14,40	14,05	10,83	6,16	8,50
Маленький принц	Куст	9,81	10,04	8,52	6,14	7,33
	Шпалера	15,00	14,26	9,07	7,30	8,19
Тамерлан	Куст	8,34	9,54	7,96	6,14	7,05
	Шпалера	14,50	18,71	11,89	6,65	9,27
Титания	Куст	9,25	8,31	9,63	5,90	7,77
	Шпалера	12,02	12,25	10,05	8,02	9,04
$НСР_{05}$		0,56	1,24	1,33	1,24	1,30

Анализ экспериментального материала свидетельствует о том, что сорта смородины черной Маленький принц и Титания, формирующие мощный ассимиляционный аппарат на шпалере в период полного плодоношения, характеризуются невысоким уровнем превышения продуктивности фотосинтеза – на 11,7–16,3% соответственно в сравнении с кустовой формой возделывания. У сортов Белорусская сладкая и Тамерлан превышение было более существенным и составило 20,2 и 31,5%.

От общей площади всех листьев, ориентации их к излучению и оптических свойств зависит величина поглощенной энергии. При этом биологическими особенностями сорта определяется не только площадь «среднего листа», но и такая его структура (толщина, число и размеры клеток, свободная поверхность клеток, число и размеры хлоропластов, их поверхности, строение самих хлоропластов и т. д.), при которой лист в целом работает в «рабочей точке» световой кривой фотосинтеза при интенсивности радиации приспособления, где эффективность использования ФАР максимальна, а «потери» поглощенной ФАР необходимы [1].

Анализ полученных нами данных показывает, что при кустовом способе возделывания у сорта Маленький принц основная часть приходится на мелкие листья, а у Тамерлана на средние. При ведении ягодного массива на шпалере у Маленького принца отмечено максимальное количество листьев среднего размера, а у Тамерлана – мелких. Оценка толщины листьев показала, что листья, расположенные на периферии верхнего яруса, как при кустовом, так и при шпалерном способе возделывания характеризуются максимальной толщиной: 246 мкм (куст) и 248 мкм (шпалера) у сорта Маленький принц и 257 мкм (куст) – 295 мкм (шпалера) у сорта Тамерлан. Минимальная толщина отмечена у листьев, расположенных внутри кроны куста нижнего яруса: 170 мкм (куст) и 179 мкм (шпалера) у Маленького принца и 196 мкм (шпалера) – у Тамерлана.

Одним из важнейших направлений дальнейших работ по увеличению продуктивности насаждений смородины черной является увеличение коэффициента реализации ассимилятов на урожай ($К_{хоз}$) до 50–60%. Для этого за вторую половину вегетации в репродуктивных органах надо накопить столько же органических веществ и энергии, сколько накапливается в первой половине вегетации при интенсивной работе фотосинтетического аппарата. Решение

этой задачи требует селекции на максимально возможное повышение абсолютных и относительных размеров репродуктивных органов на генетическом уровне, так как величина $К_{хоз}$ сильно варьируя в зависимости от условий роста и фотосинтеза в своем максимальном выражении является все же типичным генотипическим признаком.

Литература

1. *Мурей И. А.* Об адаптациях и архитектонике физиологических процессов в целом растении // Биол. науки. М., 1979. № 12 (192). С. 5–21.
2. *Ничипорович А. А.* Фотосинтез и теория получения высоких урожаев // 15-е Тимирязевское чтение. М.: АН СССР, 1956. 96 с.
3. *Ничипорович А. А.* Теория фотосинтетической продуктивности растений // Итоги науки и техники. Физиол. раст. М.: ВИНИТИ, 1977. Т. 3. С. 11-46.
4. *Овсянников А. С.* Оценка фотосинтетической деятельности плодовых и ягодных культур в связи с формированием урожая // Метод. рек. Мичуринск, 1985. 53 с.
5. *Холд Д.* Биохимия за рубежом. М., 1979. 295 с.
6. *Boardman N. K.* The energy budget in solar energy conversion in ecological and agricultural systems. Amsterdam, 1977. P. 307–318.

СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ ПРОДУКТИВНОСТИ НЕКОТОРЫХ ВИДОВ РОДА *AVENA* В УСЛОВИЯХ ВОЛОГОДСКОЙ ОБЛАСТИ

Н. А. Зейслер[1], Е. Ю. Бахтенко[1], И. Г. Лоскутов[2]

[1]Вологодский государственный педагогический университет, Вологда, Россия, e-mail: bakhtenko@yandex.ru, zejsler@yandex.ru

[2]Государственный научный центр РФ Всероссийский научно-исследовательский институт растениеводства имени Н. И. Вавилова РАСХН, Санкт-Петербург, Россия, e-mail: i.loskutov@vir.nw.ru

Резюме

Приводятся данные многолетних исследований продуктивности видов рода *Avena* L. из коллекции ВНИИР им. Н. И. Вавилова в условиях Вологодской области. Установлены различия дикорастущих и культурных видов по структуре урожая, морфометрическим и фотосинтетическим показателям.

COMPARATIVE ANALYSIS OF PRODUCTIVITY OF SOME SPECIES OF GENUS *AVENA* UNDER CONDITION OF VOLOGDA REGION

N. A. Zeisler[1], E. Yu. Bakhtenko[1], I. G. Loskutov[2]

[1]Vologda State Pedagogic University, Vologda, Russia, e-mail: bakhtenko@yandex.ru, zejsler@yandex.ru

[2]N. I. Vavilov Institute of Plant Industry, St-Peterburg, Russia, e-mail: i.loskutov@vir.nw.ru

Abstract

Results of long-term evaluation of productivity of *Avena* L. species from VIR collection under condition of Vologda region are showed. The differences between wild and cultivated species characters in structure of yield plant, morphological and photosynthesis features are discussed.

Система рода *Avena L.* насчитывает 26 видов, которые представлены ди-, тетра- и гексаплоидными группами. Род *Avena* L. включает как культурные виды, имеющие большое практическое значение в связи с разносторонним использованием, так и дикорастущие, интересные как объекты таксономических исследований и источники хозяйственно ценных признаков [5].

Целью работы являлось изучение зерновой продуктивности, морфометрических и фотосинтетических показателей культурных и дикорастущих видов рода *Avena* в условиях Вологодской области.

Исследования проводили в 2003 – 2007 гг.

Объектами исследования являлись виды рода *Avena* из коллекции ВНИИР им. Н.И. Вавилова: *A. sativa* L. *Borrus* (Германия) (2n=42), *A. byzantina* C. Koch. *Hill* (Австралия) (2n=42), *A. fatua* L. к-48 (Армения) (2n=42), *A. strigoza* Schreb. (к-6596, Вологодская обл.) var. *typica* (2n=14).

Овес яровой – *Avena sativa* L. var. *aurea* сорт *Borrus* выведен в Германии. Районирован в Вологодской области с 1983 года.

Овес пустой – *Avena fatua* L. сорно-полевой, дикорастущий, обладающий высокой степенью адаптивности вид овса.

Овес песчаный – *Avena strigosa* Schreb. var. *typica*. Культурный вид. На территории Вологодской области до 1938 г. использовался в качестве силосной культуры.

Овес византийский – *Avena byzantina* C. Koch сорт *Hill* выведен в Австралии.

В полевых опытах площадь учетной делянки составляла 2 м^2. В вегетационных опытах растения выращивали методом почвенных культур в сосудах объемом 10 л. Влажность почвы при посеве составляла 70–80% ПВ.

Определяли структуру урожая (озерненность, массу зерна с растения, массу 1000 зерен), коэффициент хозяйственного использования ($К_{хоз}$), морфометрические показатели (число листьев, продуктивную и общую кустистость, площадь листовой поверхности, сырую и сухую массу побега), продолжительность вегетационного периода и фаз онтогенеза, фотосинтетические показатели: содержание хлорофилла (СХ) в навеске растительного материала в мг/мл раствора, удельную площадь растения (УПР) в м^2/кг сухой массы растения, чистую продуктивность фотосинтеза (ЧПФ) в г/м^2*сутки [1, 2, 6].

Всего было поставлено 4 полевых и 5 вегетационных опытов. Измерения проводили в 10-кратной повторности. В таблицах представлены средние арифметические значения и стандартные отклонения.

Исследуемые образцы видов рода *Avena* отличались по времени наступления стадий онтогенеза и продолжительности вегетационного периода. Так, у *A. sativa* и *A. byzantina* вегетационный период менее длительный (70-73 дня), по сравнению с *A. fatua* и *A. strigosa* (86 – 90). Кроме того, у *A. fatua* и *A. strigosa* продолжительность фазы кущения отличается большей изменчивостью. По результатам наших многолетних исследований длительность данной стадии развития может изменяться в интервале от 14 дней до 2 месяцев в зависимости от температуры воздуха и влажности почвы, что особенно характерно для умеренных и северных широт. По литературным данным, различная скорость прохождения фаз онтогенеза позволяет видам приспосабливаться к меняющимся условиям среды, т.е. является важным адаптивным признаком [4].

Виды рода *Avena* отличались по морфометрическим показателям (табл. 1). Так, для *A. sativa* характерна меньшая общая кустистость и облиственность растения. *A. fatua* имеет наибольшую общую кустистость, облиственность растения, площадь листовой поверхности, сухую массу. *A. strigoza* и *A. byzantina* имеют сходные значения исследуемых показателей и занимают промежуточное положение. Однако особенностью *A. strigoza* являлась узколистность, и, как следствие, минимальная площадь листовой поверхности.

Для оценки экономичности использования пластических веществ на построение поверхности листа и степени развития фотосинтетического аппарата рассчитывали удельную поверхность растения [3]. В среднем УПР у исследуемых видов составляла 3,18 м^2/кг. Исключением являлся *A. strigoza*, УПР которого была в 1,8 раза ниже, что, возможно, связано с уровнем плоидности.

Интегральной величиной развития растений является урожайность, которая формируется в результате взаимодействия элементов структуры и определяется степенью развития основных компонентов, в том числе количеством зерен в метелке, массой 1000 зерен, числом

продуктивных стеблей [3]. У разных видов эти показатели могут в значительной степени варьировать.

Таблица 1. Морфометрические показатели растений в фазу цветения

Показатели	*A. sativa*	*A. byzantina*	*A. fatua*	*A. strigoza*
Общая кустистость, шт.	3 ± 1	5 ± 1	7 ± 2	5 ± 1
Продуктивная кустистость, шт.	2 ± 1	3 ± 1	3 ± 1	2 ± 1
Количество листьев на 1 растении, шт.	14 ± 2	17 ± 3	26 ± 8	14 ± 3
Площадь листовой поверхности 1 растения, $см^2$	103,08 ± 6,25	122,05 ± 8,14	249,27 ± 15,36	69,91 ± 7,02
Сухая масса 1 растения, г	3,40 ± 0,80	3,84 ± 0,92	7,49 ± 0,79	4,01± 0,62
Удельная площадь растения, $м^2$/кг	3,03	3,18	3,33	1,74

Прежде всего, необходимо отметить высокую зерновую продуктивность культурного вида *A. sativa*, которая в 2,1–2,5 раза больше, чем у остальных видов, и значительную биологическую продуктивность сорно-полевого вида *A. fatua*, которая определяется количеством сформировавшейся общей биомассы растения (табл. 2). Кроме того, исследуемые виды отличались по соотношению числа зерновок и массы 1000 зерен. Так, *A. fatua* и *A. strigoza* отличаются высокой озерненностью растения и низкой массой 1000 зерен. Для *A. sativa* и *A. byzantina* характерна противоположная зависимость.

При сравнении продуктивности главных побегов и побегов кущения выявлено, что у всех исследуемых видов по таким показателям, как масса зерна с растения и биомасса, боковые побеги превышают главные. Так, масса зерна с боковых побегов превышала в 1,7–2,3 раза массу зерна с главного побега. В то же время масса 1000 зерен с побегов кущения ниже, чем с главного побега (табл. 2).

Необходимо отметить различия видов в структуре урожая (табл. 2). Для *A. sativa* характерна невысокая озерненность и масса 1000 зерен, наибольшая масса зерна с растения и большая сырая масса, низкая продуктивная кустистость. У *A. byzantina* при невысокой озерненности и массе зерна, масса 1000 зерен была наибольшая, сырая масса растения – наименьшая. *A. fatua* отличался большой сырой массой, высокой озерненностью, средней массой зерна с растения и массой 1000 зерен. Особенностью *A. strigoza* была высокая озерненность, наименьшая масса 1000 зерен и зерна с растения, при небольшой сырой массе растения и наибольшей продуктивной кустистости.

Таблица 2. Структура урожая

Показатели	Вариант	*A. sativa*	*A. byzantina*	*A. fatua*	*A. strigoza*
Масса зерна, г	Главный побег	1,98 ±0,56	0,70 ±0,18	0,67 ±0,03	0,66 ±0,27
	Боковой побег	3,28 ±0,86	1,24 ±0,25	1,57 ±0,29	1,22 ±0,22
	Растение	**4,65 ±1,32**	**1,94 ±0,42**	**2,25 ±0,26**	**1,88 ±0,40**
Количество зерен, шт.	Главный побег	34 ±4	15 ±1	30 ±2	45 ±3
	Боковой побег	22 ±3	38 ±2	83 ±3	93 ±2
	Растение	**56 ±5**	**53 ±2**	**113 ±7**	**138 ±11**
Масса 1000 зерен, г	Главный побег	33,28 ±0,71	41,61 ±4,86	22,57 ±0,72	14,18 ±0,81
	Боковой побег	25,50 ±2,62	31,37 ±3,34	18,97 ±2,81	13,38 ±3,05
	Растение	**27,42 ±4,09**	**34,05 ±0,42**	**19,94 ±2,19**	**13,71 ±2,56**
Сырая масса, г	Главный побег	5,58 ±1,41	3,19 ±0,67	5,99 ±0,20	3,10 ±0,24
	Боковой побег	14,52±2,39	8,04±1,26	21,91±4,27	11,88±2,96
	Растение	**20,10±4,03**	**11,23±2,17**	**27,90±3,91**	**14,98±2,18**
$К_{хоз}$, %	Растение	23,13	17,28	8,06	12,55

Физиологическую способность растений к мобилизации и использованию хозяйственными органами фотосинтетических продуктов отражает коэффициент хозяйственной эффективности или уборочный индекс [3]. Данный показатель достигал максимального значения у культурного вида *A. sativa* (23,13 %) и минимального – у сорно-полевого *A. fatua* (8,06 %).

Основным фактором, определяющим формирование урожая растений, является фотосинтетическая деятельность. Ее изучение позволяет выявить и оценить показатели, положительно или отрицательно воздействующие на биологическую и хозяйственную продуктивность.

Так, наибольшее содержание хлорофилла характерно для *A. fatua,* наименьшее для – *A. sativa,* другие виды характеризуются промежуточными значениями (табл. 3).

По величине ХИ значительных отличий не выявлено, исключение составляет *A. byzantina*. Суммарным показателем, характеризующим фотосинтетическую активность растений, является чистая продуктивность фотосинтеза, представляющая собой баланс интенсивности фотосинтеза и дыхания [1]. По ЧПФ *A. sativa* значительно превосходит остальные виды, у *A. fatua* ЧПФ - наименьшая (табл. 3).

Результаты проведенных исследований дают основание для сравнительного анализа элементов продуктивности исследуемых видов рода *Avena* L.

Таблица 3. Фотосинтетические показатели в фазу кущения

Показатели	*A. sativa*	*A. byzantina*	*A. fatua*	*A. strigoza*
Содержание хлорофилла, мг/г	2,34 ± 0,71	2,89 ± 0,27	3,18 ± 0,88	2,51 ± 0,61
Хлорофилловый индекс, мг/растение	1,12±0,18	0,84±0,17	1,02±0,15	1,01±0,14
ЧПФ, г/м^2*сутки	8,84 ± 0,42	7,09 ± 0,52	6,37 ± 0,52	7,99 ± 0,59

Так, для культурного вида *A. sativa* характерным является менее продолжительный вегетационный период, меньшая продуктивная и общая кустистость, облиственность растения, наибольшая зерновая продуктивность, высокий коэффициент хозяйственного использования. Величины данных показателей коррелируют с высокой ЧПФ. Можно полагать, что благоприятное сочетание числа зерновок и массы 1000 зерен позволяют более полно реализовать продуктивный потенциал вида.

Сорно-полевой вид *A. fatua* отличается длительным вегетационным периодом, значительной общей и продуктивной кустистостью. Интенсивное накопление вегетативной массы отражается в наибольшей сырой массе растения, площади листовой поверхности и числе листьев. Кроме того, доля пленчатого зерна в урожае надземной массы в 3 раза ниже по сравнению с *A. sativa.* Биологическая продуктивность данного вида определяется высокой УПР, содержанием хлорофиллов.

Виды *A. strigoza* и *A. byzantina* занимают промежуточное положение.

Литература

1. *Адрианова Ю.Е., Тарчевский И.А.* Хлорофилл и продуктивность растений. М.: Наука, 2000. 135 с.
2. *Гавриленко В.Ф., Жигалова Т.В.* Большой практикум по фотосинтезу М.:Академия, 2003.
3. *Головко Т.К., Родина Н.А., Куренкова С.В., Табаленкова Г.Н.* Ячмень на Севере (селекционно-генетические и физиолого-биохимические основы продуктивности). Екатеринбург: УрО РАН, 2004. 154 с.
4. *Жученко А.А.* Адаптивный потенциал культурных растений (эколого-генетические основы). Кишинев: Штиица, 1988. 767 с.
5. *Лоскутов И.Г.* Видовое разнообразие и селекционный потенциал рода *Avena* L. / Автореф. дис. на соиск. учен. степ. д. биол. наук. С.-Петербург, 2003.
6. *Усманов И.Ю., Рахманкулова З.Ф., Кулагин А.Ю.* Экологическая физиология растений: Учебное пособие. М.: Логос, 2001. 222с.

ИНТРОДУКЦИОННЫЕ СОРТООБРАЗЦЫ ФИЛИППИНСКОЙ ЭКОЛОГО-ГЕОГРАФИЧЕСКОЙ ГРУППЫ КАК ИСТОЧНИК ХОЗЯЙСТВЕННО ЦЕННЫХ ПРИЗНАКОВ ДЛЯ СЕЛЕКЦИИ РИСА В РОССИИ

Г. Л. Зеленский[1], Н. Н. Малышева[2], Е. Н. Лапина[2]
[1]Государственное образовательное учреждение высшего профессионального образования Кубанский государственный аграрный университет, Краснодар, Россия, e-mail: zelensky08@mail.ru
[2] Государственное научное учреждение Всероссийский научно-исследовательский институт риса Россельхозакадемии, Краснодар, Россия, e-mail: arrri_kub@mail.ru

Резюме

Приводится характеристика образцов риса филиппинской эколого-географической группы по биологическим, морфологическим и хозяйственно ценным признакам. Рекомендуются практической селекции источники продуктивности, устойчивости к полеганию, высокого качества зерна.

INTRODUCED VARIETAL SAMPLES OF THE PHILIPPINIAN ECOGEOGRAPHIC GROUP AS A SOURCE OF ECONOMICALLY IMPORTANT TRAITS FOR RICE BREEDING IN RUSSIA

G. L. Zelensky[1], N. N. Malysheva[2], E. N. Lapina[2]
[1]Kuban State Agricultural University, Krasnodar, Russia, e-mail: zelensky08@mail.ru
[2]All-Russian Rice Research Institute, Krasnodar, Russia, e-mail: arrri_kub@mail.ru

Abstract

Biological, morphological and economically important traits of rice samples from the Philippinian ecogeographic group are described. Sources of productivity, resistance to lodging and high grain quality are recommended for practical breeding

За годы работы Всероссийского научно-исследовательского института риса накоплен большой генетический материал, собранный в рабочую коллекцию института. Работа с коллекцией является самостоятельным направлением: проводятся сбор, изучение и хранение образцов. Активное сотрудничество по сохранению мировой коллекции риса, безопасному хранению рабочей коллекции, восстановлению маложизнеспособных образцов ведется с филиалом ГНУ ГНЦ РФ ВИР «Кубанский генетический банк семян».

Рабочая коллекция генетических ресурсов риса ежегодно пополняется образцами из различных источников: проводится обмен исходным материалом и районированными сортами со странами ближнего и дальнего зарубежья согласно договорам о научно-техническом сотрудничестве с Филиппинами, Китаем, Кореей, Италией, Украиной, Казахстаном и др. научными центрами, занимающимися исследованиями в области рисоводства. Образцы, поступающие из различных стран мира, в первую очередь проходят карантинную экспертизу в лаборатории пограничной Государственной инспекции по карантину растений (г. Краснодар). Прошедшие данную экспертизу образцы затем поступают в интродукционный карантинный питомник ВНИИ риса, где совместно с сотрудниками лаборатории защиты растений проводится контроль на поражение растений риса вредителями и болезнями. При отсутствии карантинных объектов репродукция зарубежных образцов изучается по комплексу признаков и вовлекается в гибридизацию с лучшими российскими сортами.

С Международным институтом риса (Лос-Баньос, Лагуна, Филиппины) ВНИИ риса связывают давние взаимоотношения, и в настоящее время сотрудничество продолжается в рамках Меморандума между институтом и IRRI, усилены работы в области селекции, биотехнологии, генетики. ВНИИ риса включен в программу INGER (International Network for Genetic Evaluation of Rice), цель которой – изучение селекционного и предселекционного материала в различных экологических условиях и выявление доноров и источников различных ценных признаков и свойств. В рамках этой программы в 2008 г. изучены 25

образцов, полученных по обмену с IRRI (табл. 1). В результате исследований выявлено, что бóльшая часть (20 сортообразцов) этой группы относится к подвиду *japonica* и имеет округлую форму зерновки. Остальные 5 сортообразцов принадлежат к подвиду *indica* и отличаются удлиненной формой зерновки. В большинстве своем это очень позднеспелые формы с периодом вегетации от 140 до 152 дней, реагирующие на длину светового дня, который в условиях Краснодара составляет 16 ч., но среди них вывялены 2 фотонейтральные формы – № 10998 21139 576 и № 098 – с периодом вегетации 105 и 109 дней соответственно. Благоприятные погодные условия, сложившиеся в 2008 г., позволили получить репродукцию даже у очень позднеспелых образцов этой группы в количестве, достаточном для дальнейшего изучения и безопасного хранения.

Все образцы отличаются новым для России морфотипом растений. Характерные особенности: низкорослость, прямостоячий компактный куст с большим числом боковых продуктивных побегов, темно-зеленые вертикально расположенные листья. Практически у всех образцов метелка развесистая, пониклая. Цветковые чешуи слабо или не опушены. Недостаток филиппинских сортообразцов – склонность к осыпанию при созревании, что в условиях механизированной уборки недопустимо.

Таблица 1. Краткая характеристика филиппинских образцов риса (*Oryza sativa* L.), балл

Образец	Таксономическая разновидность	Период от залива до выме-тывания, дни	Про-дол-жи-тель-ность перио-да вегета-ции, дни	Тип метелки		Форма куста, балл	Опушенность цветковых чешуй, балл	Устойчивость к осыпанию, балл	Устойчивость к полеганию, балл
				Форма	Положение				
AA40770/02 № 2934/3 № 1501	*sub-vulgaris* Brsches.	113	143	7	9	1	3	5	7
AA40770/02 № 2934/3 № 1508	*italica* Alef.	115	145	7	9	1	3	1	7
03481/02 363/02 № 3507	*gilanica* Gust.	120	150	7	9	1	3	1	7
03485/02 363/02 № 3532	*italica* Alef.	120	150	7	9	1	3	1	7
AA15108/03 9667/03 № 1740	*italica* Alef.	94	124	1	3	1	5	1	7
C 104 RKT	*italica* Alef.	115	145	7	9	5	3	5	7
ZNOO-115-5	*nigro-apiculata* Gust.	115	145	7	9	1	1	5	7
№ 3524	*gilanica* Gust.	120	150	7	9	1	3	7	7
№ 3502	*gilanica* Gust.	111	141	7	9	1	3	7	7
№ 3513	*gilanica* Gust.	99	129	7	9	1	3	1	7
B-1602	*italica* Alef.	93	123	7	9	1	3	1	7
02 ст. 9894	*zeravschanica* Brsches.	89	119	7	9	1	3	1	7
№ 363742	*italica* Alef.	122	152	7	9	1	3	9	9
№ 4112	*sordida* Gust.	122	152	7	9	1	5	3	3
№ 3424	*italica* Alef.	115	145	7	9	1	3	7	9
№ 3435	*gilanica* Gust.	111	141	7	9	1	3	3	9
№ 3440	*nigro-apiculata* Gust.	115	145	7	9	1	3	7	7
№ 3404	*italica* Alef.	115	145	7	9	1	3	3	7
№ 3406	*italica* Alef.	122	152	7	9	1	3	3	7
SAC 026	*italica* Alef.	106	136	7	9	1	1	7	7
SAC 027	*italica* Alef.	115	145	7	9	1	3	1	7

SAC 041	*italica* Alef.	122	152	7	9	1	3	5	7
№ 032	*italica* Alef.	115	145	7	9	1	3	5	9
№ 10998 21139 576	*italica* Alef.	75	105	7	9	1	3	1	1
№ 098	*italica* Alef.	79	109	7	9	1	3	1	1

По форме и положению метелок филиппинские образцы существенно не различались. Большая их часть (24 образца) имели сильноразвесистую метелку с оценкой 7 баллов и, как правило, поникшую, с оценкой 9 баллов. Только одна интродукционная форма (АА15108/03 9667/03 № 1740) отличалась компактной слабонаклоненной метелкой.

Форма куста – альтернативный признак, который играет немаловажную роль в создании оптимальной густоты стояния растений в условиях прямого сева зерна [2, 3, 5]. У 24 изученных филиппинских образцов форма куста была прямостоячая, с наклоном стебля не менее 80°. Исключение составил образец С 104 RKT, с развалистым листом, оценкой в 5 баллов и повышенной склонностью к кущению. Количество боковых продуктивных побегов на растении достигало 12–18 шт. Для условий возделывания риса на Филиппинах, где распространена рассадная технология возделывания, интенсивность кущения – лимитирующий признак в получении высоких урожаев, и селекция в данном случае направлена именно на увеличение числа продуктивных побегов на растении [8, 9], тогда как для российского рисоводства минимальное число боковых побегов составляет 12 на одно растение [1].

Селекционная работа по рису в мире направлена на создание сортов с гладкими цветковыми чешуями, что облегчает технологию переработки зерна и обеспечивает более высокий выход крупы по сравнению с сортами, имеющими опушенные цветковые чешуи [7]. Из изученных интродукционных сортообразцов филиппинской группы два имеют гладкую цветковую чешую без опушения с оценкой в 1 балл, у двух форм цветковые чешуи опушены (балл 5) и у 84% – слабо опушены (балл 3).

Полегание растений – негативный признак, зависящий как от генотипа сорта (морфо-анатомического строения стебля: количества сосудисто-волокнистых пучков, диаметра соломины, количества междоузлий и др.), так и от условий выращивания и стрессовых факторов внешней среды (дождь, ветер и др.) [4, 6].

По визуальным оценкам в фазе созревания из 25 интродукционных сортообразцов филиппинской группы 88% имеют высокую степень устойчивости (баллы 7 и 9). Три формы отличаются очень низкой степенью устойчивости (баллы 1 и 3), что снижает их селекционную ценность.

Осыпание зерновок – отрицательный признак для культурного риса. При сильном его проявлении наблюдаются значительные потери урожая, поэтому селекционная работа в большинстве европейских стран и странах с умеренным климатом направлена на создание неосыпающихся сортов [2, 6]. Из изученных интродукционных сортообразцов филиппинской группы выявлены как осыпающиеся (балл 1, 3, 5), так и устойчивые к данному признаку формы (баллы 7 и 9). В данном случае следует учитывать, что селекционная работа в Международном институте риса направлена на создание сортов не осыпающихся, но легко вымолачиваемых, поскольку фермеры убирают и обмолачивают рис вручную и осыпание (средняя степень проявления этого признака) помогает качественно провести уборку урожая без потерь [8].

Как известно, урожайность зерновых культур зависит от количества продуктивных побегов и массы зерна с растения в целом. В связи с этим важную задачу представляет выявление новых продуктивных форм и изучение потенциала их урожайности (табл. 2).

Анализируя данные таблицы можно сделать вывод, что в большинстве филиппинские образцы среднерослые, с высотой растений 70–85 см, имеют прочную соломину, которая обеспечивает высокую степень устойчивости к полеганию. Метелки длинные (20–28 см), хорошо озернены. Недостаток образцов филиппинской группы – высокая стерильность колосков (до 54%), которая объясняется продолжительным периодом вегетации, когда

цветение форм филиппинской эколого-географической группы в условиях Краснодарского края приходится на 3 декаду августа – 1-ю и 2-ю декады сентября и проходит при пониженных температурах воздуха в ночное время суток. Продуктивность метелки у образцов данной группы довольно низкая, хотя масса зерна с растения за счет боковых побегов достигает 13–14 г.

Размеры листовых пластинок оказывают существенное влияние на формирование урожая. Наибольшим показателем интенсивности признака продуктивности фотосинтеза, а также – скорости оттока ассимилянтов обладают два верхних листа, в особенности флаг-лист [1, 3].

Таблица 2. Элементы структуры урожая филиппинских образцов риса, 2008 г.

Наименование образцов	Высота растений, см	Продуктивная кустистость, шт. стеблей	Главная метелка				Масса зерна, г		Лист-флаг			
			длина, см	озерненность, шт. колосков	пустозерность, %	плотность метелки, шт. Колосков/см^2	с главной метелки	с растения	длина, см	ширина, см	площадь, см^2	угол отклонения, °
AA40770/02 №2934/3 №1501	74,0	4,0	24,0	165,6	21,0	6,9	2,98	11,3	29,8	1,38	33,0	30,0
AA40770/02№2934/3 №1508	81,2	2,8	26,8	183,4	23,8	6,8	3,0	9,1	28,9	1,28	29,6	30,0
03481/02 363/02 №3507	72,4	3,2	23,2	142,6	13,6	6,1	3,1	7,9	26,8	1,28	27,4	30,0
03485/02 363/02 №3532	81,4	3,8	22,4	183,6	12,9	8,2	3,42	14,5	28,2	1,48	33,4	30,0
AA15108/03 9667/03 №1740	71,8	1,4	14,9	117,0	3,6	7,9	3,3	6,2	17,4	1,26	17,5	63,0
C 104 RKT	83,2	2,6	21,0	197,6	20,6	9,4	3,8	13,4	29,8	1,32	31,5	32,0
ZNOO-115-5	96	2,0	22,5	164,4	19,5	7,3	3,4	8,2	26,0	1,42	29,5	90,0
№3524	67,8	1,8	22,2	193,2	53,8	8,7	1,7	4,2	29,8	1,4	34,3	28,0
№3502	77,0	2,0	20,4	107,2	50,2	5,3	1,1	3,0	25,7	1,26	25,9	11,6
№3513	81,6	2,4	21,9	115,8	34,5	5,3	2,0	5,0	27,2	1,44	31,3	29,4
B-1602	72,0	1,6	22,1	86,2	9,0	3,9	1,6	3,5	27,4	1,42	31,1	22,0
02 ст 9894	84,8	1,6	17,7	79,0	54,0	4,5	0,9	1,4	24,2	0,92	17,8	36,0
№363742	80,0	2,4	24,0	190,6	33,6	7,9	2,5	7,0	27,0	1,5	32,4	30,0
№4112	124,2	1,0	27,6	183,2	34,8	6,6	3,6	5,9	31,0	1,48	36,7	60,0
№3424	71,8	2,4	21,6	129,0	14,0	6,0	2,9	8,3	25,0	1,14	22,8	18,0
№3435	82,2	2,6	24,0	109,4	17,6	4,6	2,2	6,2	26,2	1,12	23,5	22,0
№3440	80,2	2,4	21,1	115,8	18,6	5,5	2,2	5,3	27,8	1,24	27,6	24,0
№3404	72,6	2,0	22,4	152,6	35,4	6,8	2,1	3,9	26,8	1,4	30,0	72,0
№3406	72,0	1,6	26,7	143,6	35,2	5,4	2,1	4,1	25,6	1,1	22,5	42,0
SAC026	113,4	1,4	19,3	171,6	7,6	8,9	4,2	8,3	27,8	1,36	30,3	90,0
SAC027	71,6	1,8	21,8	159,4	22,6	7,3	2,6	5,2	29,2	1,52	35,5	39,0
SAC041	83,6	2,2	26,7	161,4	28,1	6,0	2,9	6,1	30,2	1,3	31,4	20,0
№032	104,8	1,6	23,6	204,8	40,8	8,7	2,9	5,6	30,4	1,78	43,2	42,0
№10998 21139 576	101,8	2,0	22,0	115,6	19,0	5,3	2,8	7,3	30,6	1,44	35,2	30,0
№098	83,4	1,2	23,0	110,8	24,4	4,8	1,8	3,6	24,0	1,1	20,4	36,0

У изученных сортообразцов филиппинской эколого-географической группы площадь флага-листа варьировала от 17,5 (AA15108/03 9667/03 № 1740) до 43,2 см^2 (№ 032), причем в большинстве своем формы с повышенной продуктивностью отличались большей площадью

флага-листа. Угол отклонения флага-листа от стебля в основном был до 45°, исключение составили ZNOO-115-5 и SAC 026 (90 °), № 4112 (60 °) и № 3404 (72 °).

Необходимо отметить высокое качество зерна изученных образцов. В большинстве своем это высокостекловидные формы с прочным эндоспермом и, несмотря на то, что созревание проходило в экстремальных условиях, прочность зерновки этих образцов позволила при переработке сохранить целостность ядра, и такие показатели, как общий выход крупы и целого ядра, были довольно высокими (в среднем 68,2 и 72,3% соответственно).

Таким образом, образцы филиппинской группы представляют интерес для селекционных программ по рису в России. Их возможно использовать в качестве источников устойчивости к полеганию, продуктивности, высокого качества зерна.

Литература

1. *Воробьев Н. В.* К физиологическому обоснованию моделей сортов риса // Под ред. Н. В. Воробьева, М. А. Скаженника, В. С. Ковалева. Краснодар, 2001. 119 с.
2. *Дзюба В. А.* Генетика риса. Краснодар, 2004. 283 с.
3. *Зеленский Г. Л.* Перспективы создания сортов риса с высокой продуктивностью и адаптивными качествами // Рисоводство. 2003. № 3 С. 7–11.
4. *Ковалев В. С., Малышева Н. Н., Алексеенко Е. В., Бондарева Т. Н., Воробьев В. И., Госпадинова В. И., Зинник А. Н. и др.* Перспективная ресурсосберегающая технология производства риса // Метод. рек. М.: ФГНУ «Росинформагротех», 2009. 68 с.
5. *Ковалев В. С., Скаженник М А., Малышева Н. Н.* Селекция сортов риса для интенсивных технологий выращивания // Матер. междунар. науч. конф. «Пути решения проблем при выращивании риса в агроэкосистемах умеренного климата», 4–8 августа 2008 г. Скадовск, Украина, С. 98–101.
6. *Ляховкин А. Г.* Мировое производство и генофонд риса. Вьетнам, Ханой: Сельск. хоз-во, 1992. 344 с.
7. *Малышева Н. Н., Досеева О. А., Лоточникова Т. Н., Харченко Е. Н.* Перспективы использования интродукционных образцов риса в практической селекции // Рисоводство. 2005. № 6. 29 с.
8. *De Dios J. L.* Tillage and water management for direct-seeded irrigated lowland rice // Philippine rice R&D Highlights 1999 // Depart. of agric. Philippine rice research Institute. 2000. С. 66–69.
9. *Philippine Seed Board Rice* (PSB Rc) Varieties // Catalog Varieties Philippine rice research Institute (PhilRice). 1997. 86 p.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИЗУЧЕНИЯ КОЛЛЕКЦИИ ЯРОВОЙ МЯГКОЙ ПШЕНИЦЫ НА СКОРОСПЕЛОСТЬ В СЕЛЕКЦЕНТРАХ РОССИИ

Е. В. Зуев[1], А. Н. Брыкова[1], В. И. Никонов[2], В. Г. Захаров[3], М. В. Терехин[4], С. А. Потокина[5], В. С. Иванова[6], Л. П. Россеева[7], А. Ф. Зырянова[8], В. В. Сюков[9], Б. Б. Ботоев[10], И. Е. Лихенко[11], Л. М. Моисеенко[12]

[1]Государственный научный центр РФ Всероссийский научно-исследовательский институт растениеводства им. Н. И. Вавилова РАСХН, Санкт-Петербург, Россия, e-mail: e.zuev@vir.nw.ru

[2]ГНУ Башкирский научно-исследовательский институт сельского хозяйства РАСХН, Уфа, Россия, Республика Башкортостан

[3]ГНУ Ульяновский научно-исследовательский институт сельского хозяйства РАСХН, Тимирязевское Ульяновской обл., Россия

[4]ФГОУ ВПО Дальневосточный государственный аграрный университет, Благовещенск, Россия

[5]ГНУ Пензенский научно-исследовательский институт сельского хозяйства РАСХН, Лунино Пензенской обл., Россия

[6]ГНУ Якутский научно-исследовательский институт сельского хозяйства РАСХН, Якутск, Республика Саха, Якутия, Россия

[7]ГНУ Сибирский научно-исследовательский институт сельского хозяйства РАСХН, Омск, Россия

[8]ГНУ Сибирский научно-исследовательский институт растениеводства и селекции СО РАСХН,

Краснообск Новосибирской обл., Россия
[9]ГНУ Самарский научно-исследовательский институт сельского хозяйства РАСХН,
Безенчук Самарской обл., Россия
[10]ГНУ Бурятский научно-исследовательский институт сельского хозяйства РАСХН,
Улан-Удэ, Республика Бурятия, Россия
[11]ГНУ Научно-исследовательский институт сельского хозяйства Северного Зауралья РАСХН,
Московский Тюменской обл., Россия
[12]ГНУ Приморский научно-исследовательский институт сельского хозяйства РАСХН,
Тимирязевский Приморского края, Россия

Резюме

Обобщены результаты изучения коллекции яровой мягкой пшеницы по продолжительности вегетационного периода в селекционных учреждениях России. Выделены образцы, которые могут пополнить региональные признаковые коллекции по скороспелости. Сорта Cutler (к-64447), Oslo (к-64448), Tie-Chun 1 (к-62883) и Новосибирская 15 (к-64257), выделившиеся в 4–5 пунктах изучения, можно использовать как универсальные источники скороспелости для Западно-Сибирского, Средневолжского, Уральского и Дальневосточного регионов России.

THE RESULTS OF THE SPRING BREAD WHEAT COLLECTION SCREENING FOR EARLINESS IN RUSSIAN BREEDING CENTERS

E. V. Zuev[1], A. N. Brykova[1], V. I. Nikonov[2], V. G. Zakharov[3], M. V. Terekhin[4], S. A. Potokina[5], V. S. Ivanova[6], L. P. Rosseyeva[7], A. F. Zyryanova[8], V. V. Syukov[9], B. B. Botoyev[10], I. E. Likhenko[11], L. M. Moiseyenko[12]

[1]N. I. Vavilov All-Russian Research Institute of Plant Industry, St. Petersburg, Russia,
e-mail: e.zuev@vir.nw.ru
[2]Bashkir Research Institute of Agriculture, Ufa, Russia, Bashkortostan
[3]Ulyanovsk Research Institute of Agriculture, Timiryazevskoye, Ulyanovsk region, Russia
[4]Far East State Agricultural University, Blagoveshchensk, Russia
[5]Penza Research Institute of Agriculture, Lunino, Penza Region, Russia
[6]Yakut Research Institute of Agriculture, Yakutsk, Russia, Yakutia
[7]Siberian Research Institute of Agriculture, Omsk, Russia
[8]Siberian Research Institute of Plant Industry and Breeding, Krasboobsk, Novosibirsk Region, Russia
[9]Samara Research Institute of Agriculture, Bezenchuk Samara Region, Russia
[10]Buryat Research Institute of Agriculture, Ulan-Ude, Russia, Buryatia
[11]Research Institute of Agriculture for the Northern Transurals, Moskovsky, Tyumen Region, Russia
[12]Primorie Research Institute of Agriculture, Timiryazevsky, Primorie Region, Russia

Abstract

The results of studying the vegetative period of accessions from the spring bread collection wheat in Russian breeding centers are generalized. The identified early maturing accessions can enrich regional trait-based collections of wheat breeding centers. Wheat cultivars Cutler (VIR-64447), Oslo (VIR-64448), Tie-Chun 1 (VIR-62883) and Novosibirskaya 15 (VIR-64257) were very early at 4 to 5 trial sites. These cultivars can be used as universal sources of earliness in the West Siberian, Middle Volga, Urals and Far East regions of Russia.

Проблема скороспелости остается одной из важных задач селекции пшеницы практически во всех регионах ее возделывания [1]. В результате полевого изучения коллекции яровой мягкой пшеницы на опытных станциях ВНИИР им. Н. И. Вавилова (ВИР) ежегодно выделяется достаточное количество скороспелых образцов. Однако в настоящее время институт имеет опытные станции не во всех регионах страны, в которых активно ведутся селекционные работы с яровой мягкой пшеницей.

Начиная с 1994 г. отдел ГР пшеницы пытается решить данную проблему путем изучения новых образцов коллекции яровой мягкой пшеницы в селекцентрах России. Ежегодно

селекционным учреждениям рассылаются специально подобранные наборы образцов[1]. Селекцентры изучают эти образцы, используют их в своей работе и высылают результаты полевого изучения в ВИР. В результате отдел ГР пшеницы получает новые данные об образцах пшеницы в таких важных для селекции пшеницы регионах как Поволжье, Сибирь и Дальний Восток. Следует отметить, что полученные данные носят предварительный характер, так как ежегодно высылаемый набор образцов изучается в течение только одного года.

За 14 лет (с 1994 по 2007 гг.) отдел ГР пшеницы отправил на изучение в селекцентры России 1227 образцов яровой мягкой пшеницы, среди которых новые поступления составили 811. Наиболее полные данные были получены по признаку продолжительность вегетационного периода из 11 селекционных учреждений: Башкирский НИИСХ, Бурятский НИИСХ, Дальневосточный ГАУ, Сибирский НИИСХ, Пензенский НИИСХ, Приморский НИИСХ, Самарский НИИСХ, СибНИИРС, НИИСХ Северного Зауралья, Ульяновский НИИСХ и Якутский НИИСХ (табл. 1).

Таблица 1. Изучение коллекции яровой мягкой пшеницы в селекцентрах России по признаку «продолжительность вегетационного периода»

Пункт изучения	Число изученных образцов	Годы изучения
Башкирский НИИСХ	315	1996–1999, 2005, 2007
Бурятский НИИСХ	252	2001, 2002, 2004, 2005, 2007
Дальневосточный ГАУ	94	2003, 2004, 2005, 2007
НИИСХ Северного Зауралья	145	1998, 1999
Пензенский НИИСХ	311	1995, 1996
Приморский НИИСХ	471	1996–1999, 2001, 2002, 2004, 2005
Самарский НИИСХ	51	2006
Сибирский НИИСХ	94	2006, 2007
СибНИИРС	882	1995–2007
Ульяновский НИИСХ	676	1994–1999, 2004, 2006, 2007
Якутский НИИСХ	276	1996, 1997, 2001

На основании полученных данных была создана оценочная база данных. Образцы в пределах одного года и одного пункта изучения ранжировали по признаку продолжительность вегетационного периода с использованием 9-балльной шкалы (9 – скороспелый, 7 – среднеранний, 5 – среднеспелый, 3 – среднепоздний, 1 – поздний) [2].

На первом этапе работы при анализе данных по продолжительности вегетационного периода для каждого пункта изучения были выделены образцы яровой мягкой пшеницы с наиболее коротким периодом вегетации.

В условиях Башкирии (Башкирский НИИСХ) по скороспелости выделились сорта: Тюменская 2 (к-62908, Тюменская обл.) и Wildcat (к-62600, Канада), которые в 1997–1998 гг. имели вегетационный период соответственно, 71 и 77 дней. Сорта СКЭНТ 5 (к-64369, Тюменская обл.), Сурэнта 5 (к-64376, Тюменская обл.) и Bacanora 88 (к-64402, Мексика) характеризовались коротким вегетационным периодом (69 дней) в 2005 г. в условиях Бурятии (Бурятский НИИСХ). Скороспелостью в условиях Амурской области (Дальневосточный ГАУ) отличались Тулунская 12 (к-64361, Иркутская обл.), Обская 14 (к-64363, Новосибирская обл.) и Тюменская 99 (к-64368, Тюменская обл.). Вегетационный период этих сортов в 2004–2005 гг. варьировал от 72 до 73 дней. В 2006 г. канадские сорта Cutler (к-64447) и Oslo (к-64448) имели короткий период вегетации (73–74 дня) в условиях Омской обл. (Сибирский

[1] Ежегодно высылаемый набор образцов яровой мягкой пшеницы одинаков для всех селекционных учреждений России.

НИИСХ). Образцы пшеницы ВИР-25-1 (к-60235, Мексика), Эритроспермум 14 (к-60461, Самарская обл.), Эритроспермум 84-10 (к-60521, Самарская обл.) и сорта краснодарской селекции: Зорян (к-60977), Василик (к-62170), Селин (к-62171), Валерия (к-62172) выделились по скороспелости в 1995 г. с вегетационным периодом 70 дней в условиях Пензенской обл. (Пензенский НИИСХ). Лучшими по скороспелости в условиях Приморского края (Приморский НИИСХ) были сорта Purity (к-62556, Финляндия), Wembley (к-62557, Великобритания), NL 558 (к-62592, Непал). Вегетационный период этих образцов в 2005 г. изменялся от 61 до 65 дней. В условиях Самарской обл. (Самарский НИИСХ) короткий вегетационный период в 2006 г. отмечен у линии № 666 (к-64438, Саратовская обл.) и сортов Oslo (к-64448, Канада), Тарская 6 (к-64464, Омская обл.). В разные годы изучения в условиях Новосибирской обл. (СибНИИРС) короткий период вегетации (59–64 дней) имели: Новосибирская 22 (к-62255, Новосибирская обл.), Ingal (к-62513, США), Vigal (к-62514, США), Zhong-Chun 10 (к-62538, Китай), Jin-Chun 5 (к-62540, Китай), Вировка (к-63719, Кемеровская обл.), Тулун 15 (к-64599, Иркутская обл.). В 1998 г. короткий вегетационный период (65 дней) отмечен у образцов Л-3654 (к-62906, Московская обл.), 5IWEDN 254 (к-62917, Израиль), Ke-Chun 14 (к-62885, Китай) в условиях Тюменской обл. (НИИСХ Северного Зауралья). Образцы пшеницы ВИР-24-11 (к-60233, Мексика), ВИР-25-1 (к-60235, Мексика), ВИР-25-2 (к-60236, Мексика), Khyber 77 (к-61167, Пакистан) и сорта краснодарской селекции: Василик (к-62170), Селин (к-62171) были скороспелыми в условиях Ульяновской обл. (Ульяновский НИИСХ). Для этих сортов короткий вегетационный период в 63–65 дней отмечен в 1995 г. В условиях Якутии (Якутский НИИСХ) короткий вегетационный период (66-67 дней) отмечен у образцов в 2001 г. Таким периодом характеризовались образцы СИР 8 (к-63465, Новосибирская обл.), Hadmerslebener 44223/69 (к-60562, Германия), Лютесценс 80 (к-63452, Алтайский край), Приленская 19 (к-63470, Якутия) и Solitaire (к-63486, Великобритания).

На втором этапе работы с данными по продолжительности вегетационного периода выделены образцы яровой мягкой пшеницы, которые отличались скороспелостью в нескольких пунктах изучения. В данной работе представлены сорта, выделившиеся по скороспелости в трех и более местах изучения (табл. 2).

В 2006–2007 гг. канадские сорта Cutler (к-64447) и Oslo (к-64448) характеризовались наиболее коротким вегетационным периодом в пяти селекционных учреждениях России: Дальневосточном ГАУ, Сибирском НИИСХ, Самарском НИИСХ, СибНИИРСе и Ульяновском НИИСХ. Данные образцы при изучении в системе ВИР выделились по скороспелости только в условиях Тамбовской обл., на Екатерининской опытной станции в 2004–2006 гг.

Сорта пшеницы Tie-Chun 1 (к-62883, Китай) и Новосибирская 15 (к-64257, Новосибирская обл.) были скороспелыми в четырех пунктах изучения. Последний сорт выделился по скороспелости в условиях Ленинградской обл. в период изучения на полях Пушкинского филиала ВИР в 2004–2006 гг.

Таблица 2. Образцы яровой мягкой пшеницы, выделившиеся по скороспелости в различных пунктах изучения

Номер по каталогу ВИР, название, происхождение	Место изучения	Год изучения	Продолжительность вегетационного периода	
			дни	баллы
к-60233	Башкирский НИИСХ	2005	–	9
ВИР-24-11	СибНИИРС	1995	74	9
Мексика	Ульяновский НИИСХ	1995	65	9
к-60236	Пензенский НИИСХ	1996	82	9
ВИР-25-2	СибНИИРС	1995	75	9
Мексика	Ульяновский НИИСХ	1995	64	9
к-62170	Пензенский НИИСХ	1995	70	9

Василик	СибНИИРС	1995	73	9
Краснодарский край	Ульяновский НИИСХ	1995	63	9
к-62171	Пензенский НИИСХ	1995	70	9
Селин	СибНИИРС	1995	75	9
Краснодарский край	Ульяновский НИИСХ	1995	65	9
к-62553	Приморский НИИСХ	1997	67	9
Jo 8319	СибНИИРС	1997	72	9
Финляндия	Ульяновский НИИСХ	1997	77	9
к-62554	Приморский НИИСХ	1997	67	9
Jo 8328	СибНИИРС	1997	72	9
Финляндия	Ульяновский НИИСХ	1997	80	7
к-62626	Приморский НИИСХ	1997	69	7
Lumle Local	СибНИИРС	1997	70	9
Непал	Ульяновский НИИСХ	1997	72	9
к-62627	Приморский НИИСХ	1997	71	7
Rasuwa Local	СибНИИРС	1997	74	9
Непал	Ульяновский НИИСХ	1997	72	9
к-62629	Приморский НИИСХ	1997	69	7
Zhen-jiang 7495	СибНИИРС	1997	74	9
Китай	Ульяновский НИИСХ	1997	77	9
к-62633	Башкирский НИИСХ	2007	–	9
Ирень	Приморский НИИСХ	1997	69	7
Свердловская обл.	СибНИИРС	1997	74	9
	Ульяновский НИИСХ	1997	84	7
к-62880	Башкирский НИИСХ	1998	77	7
Zhong 7712	НИИСХ Северного Зауралья	1998	65	9
Китай	Ульяновский НИИСХ	1998	71	9
к-62883	Башкирский НИИСХ	1998	77	7
Tie-Chun 1	НИИСХ Северного Зауралья	1998	65	9
Китай	Приморский НИИСХ	1998	84	7
	Ульяновский НИИСХ	1998	70	9
к-64257	СибНИИРС	2006	71	7
Новосибирская 15	Приморский НИИСХ	2004	73	9
Новосибирская обл.	Ульяновский НИИСХ	2004	83	9
	Башкирский НИИСХ	2007	–	9
к-64447	Дальневосточный ГАУ	2007	80	9
Cutler	Самарский НИИСХ	2006	–	7
Канада	Сибирский НИИСХ	2006	74	9
	СибНИИРС	2007	73	9
к-64448	Ульяновский НИИСХ	2006	86	7
Oslo	Дальневосточный ГАУ	2007	80	9
Канада	Самарский НИИСХ	2006	–	9
	Сибирский НИИСХ	2006	73	9
	СибНИИРС	2007	75	9
	Ульяновский НИИСХ	2006	86	7

Образцы пшеницы ВИР-24-11 (к-60233, Мексика), ВИР-25-2 (к-60236, Мексика), Василик (к-62170, Краснодарский край), Селин (к-62171, Краснодарский край), Jo 8319 (к-62553, Финляндия), Lumle Local (к-62626, Непал), Rasuwa Local (к-62627, Непал) имели короткий вегетационный период в трех местах изучения. Мексиканские линии к-60233 и к-60236, доставленные в ВИР А. Ф. Мережко, выделялись по скороспелости в условиях Ленинградской и Тамбовской обл. Также коротким вегетационным периодом в условиях Пушкина характеризовался местный сорт из Непала – к-62626.

В результате анализа данных по изучению коллекции яровой мягкой пшеницы в селекционных учреждениях России на продолжительность вегетационного периода выделены образцы, которые могут пополнить региональные признаковые коллекции по

скороспелости. Сорта Cutler (к-64447), Oslo (к-64448), Tie-Chun 1 (к-62883) и Новосибирская 15 (к-64257), выделившиеся в 4–5 пунктах изучения, можно использовать как универсальные источники скороспелости для Западно-Сибирского, Средневолжского, Уральского и Дальневосточного регионов России.

Литература

1. *Зуев Е. В. и др.* Характер изменчивости скороспелых образцов яровой мягкой пшеницы в различных эколого-географических условиях // Каталог мировой коллекции ВИР. 1999. Вып. 708. 3 с.
2. *Зуев Е. В. и др.* Результаты полевой оценки образцов в условиях Красноярского края // Каталог мировой коллекции ВИР. 2005. Вып. 762. 5 с.

КОМБИНАЦИОННАЯ СПОСОБНОСТЬ ПЕРСПЕКТИВНЫХ ЛИНИЙ САХАРНОЙ КУКУРУЗЫ

А. А. Капустин

ООО «Крымский селекционный центр “Гавриш”», Крымск, Россия, e-mail: disputkniga@mail.ru

Резюме

Проведена оценка комбинационной способности новых раннеспелых линий, определены направления их селекционного использования, выявлены перспективные гибридные комбинации.

COMBINING ABILITY PERSPECTIVE LINES OF SWEET CORN

A. A. Kapustin

Open Company «Krymean selection centre “Gavrish”», Krymsk, Russia, e-mail: disputkniga@mail.ru

Abstract

The estimation of combinational ability of new early lines is carried out, directions of their selection use are determined, perspective hybrid combinations are revealed.

В процессе создания новых высокоурожайных сортов и гибридов приходится решать проблему подбора родительских форм для скрещиваний. При этом важно найти такие сочетания исходных линий, которые в последующих поколениях обеспечат образование желательных трансгрессий, превосходящих родительские сорта, и приведут к созданию высокогетерозисных гибридов [3].

Различают общую (ОКС) и специфическую (СКС) комбинационную способность [2]. Общая комбинационная способность отражает среднюю ценность сорта (линии) в гибридных комбинациях и измеряется величиной отклонения признака во всех гибридах. Понятие специфическая комбинационная способность применяется для характеристики отдельных комбинаций, когда они оказываются хуже или лучше, чем предполагалось, на основании среднего качества изучаемых родительских форм. Специфическая комбинационная способность каждой гибридной комбинации определяется отклонением величины признака для этой комбинации от средней ОКС родительских форм. В этой связи комбинационная способность является решающим критерием при оценке селекционной ценности исходного материала.

Для изучения этого признака используются различные методы: поликросс, топкросс, диаллельные скрещивания и др. [4]. Наиболее обширную информацию о комбинационной способности линий дает метод диаллельных скрещиваний [5].

В наших исследованиях (2007–2008 гг.) данный метод применяли для оценки общей и специфической комбинационной способности новых раннеспелых линий сахарной кукурузы,

выведенных на Крымской ОСС ВНИИР: 322, 368, 381, 394, 401. Изучавшиеся самоопыленные линии имели относительно высокое прикрепление початков и хорошие технологические и вкусовые показатели зерна в фазе молочной спелости. В качестве контроля использовали линию 256. Комбинационная способность этой линии достаточно хорошо изучена и определена в ряде скрещиваний.

Оценку проводили по Гриффингу (метод 4 модель 1) [5]. В системе диаллельных скрещиваний было получено 15 комбинаций. Испытание гибридов осуществляли на селекционном участке овощных культур Крымского селекционного центра фирмы «Гавриш». Опыты закладывали по методике Государственного сортоиспытания (1975) в четырех повторениях, с рендомизацией вариантов. Площадь учетной делянки 5 м^2.

В ходе дисперсионного анализа урожайности установлены достоверные различия между гибридами первого поколения. Поскольку критерий $F_{факт.}$ существенно больше табличного ($F_{факт.} = 5,89 > F_{st\ 01} = 1,95$), то с вероятностью $P > 0,99$ можно заключить, что варьирование урожая гибридов носит неслучайный характер и обусловлено наследственными особенностями родительских форм.

Данное обстоятельство позволило перейти к анализу генетических отличий родительских самоопыленных линий. Дисперсионный анализ эффектов комбинационной способности выявил существенную изменчивость у изученных линий как общей, так и специфической комбинационной способности. Различия между генотипами достоверны при $P < 0,01$. Так, для общей комбинационной способности значение критерия $F_{факт.} = 8,11 > F_{st\ 01} = 3,51$, а для специфической – $F_{факт.} = 4,27 > F_{st\ 01} = 2,88$.

Наличие такой достоверной изменчивости дало возможность провести оценку эффектов общей (g_i) и варианс общей (Q_{gi}^2) и специфической (Q_{SI}^2) комбинационной способности, а также констант (s_i) специфической комбинационной способности (таблица).

Результаты оценки эффектов общей (g_i), констант специфической (s_i), варианс общей (Q_{gi}^2) и специфической (Q_{si}^2) комбинационной способности, КСЦ «Гавриш», 2008 г.

Линии	256	401	368	394	381	322	g_i	Q_{gi}^2	Q_{si}^2
256	*	–0,78	–0,48	+2,74	–0,18	–1,31	0,92	0,77	49,04
401		*	–0,78	–0,56	+0,52	+1,59	–0,18	– 0,02	36,45
368			*	–0,46	+0,62	+1,09	–1,08	1,12	26,74
394				*	–0,66	–1,08	0,09	– 0,04	41,14
381					*	–0,31	–0,98	0,91	26,12
322						*	1,24	1,09	51,02

$НСР_{gi0,01}$=0,59 $НСР_{si0,01}$=0,99

$НСР_{gi0,05}$=0,43 $НСР_{si0,05}$=0,73

Эффекты общей комбинационной способности варьировали от 1,24 до -1,08, что свидетельствует о довольно высокой изменчивости изучаемого материала по данному признаку. Однако большинство самоопыленных линий имели посредственную ОКС. Лучшими по общей комбинационной способности были линии 322 (g_i = 1,24) и 256 (g_i = 0,92). Весьма низкая ОКС отмечена у линий 368 (g_i = -1,08) и 381 (g_i = -0,98). По спецфической комбинационной способности выделялись линии 256, 322,394, отличавшихся относительно высокими вариансами СКС.

Анализ варианс общей (Q_{gi}^2) и специфической (Q_{si}^2) комбинационной способности позволил наметить пути селекционного использования данной группы линий. Вариансы Qgi^2 определяются действием аддитивных, а вариансы Q_{si}^2 – неаддитивных эффектов генов. Сопоставляя величины Q_{gi}^2 и Q_{si}^2, можно судить о влиянии этих эффектов в детерминации признаков у каждой самоопыленной линии. Вариансы специфической комбинационной способности оцениваемых линий намного превосходили вариансы общей комбинационной

способности ($Q_{gi}^2 < Q_{si}^2$). Следовательно, в наследовании продуктивности у них преобладающую роль играют гены с доминантными или эпистатическими эффектами. Поэтому данные линии лучше использовать для поиска высокоурожайных комбинаций, а вот привлечение их в селекционные программы по созданию сортов и сложных гибридов будет неэффективным.

В гибридных комбинациях по продуктивности выделялись: F_1 256 × 394, F_1 401 × 322, F_1 368 × 322. Эти гибриды сочетали высокую урожайность, товарность и хорошие технологические качества зерна в фазе молочной спелости.

Таким образом, в ходе исследований изучена комбинационная способность перспективных самоопыленных линий сахарной кукурузы, намечены пути их селекционного использования и выявлены высокопродуктивные комбинации.

Литература

1. *Методика* Государственного сортоиспытания сельскохозяйственных культур // Картофель, овощные и бахчевые культуры. М.: Колос, 1975. Вып. 4. 183 с.
2. *Спрэг Дж.* Селекция кукурузы // Кукуруза и ее улучшение. М.: ИЛ, 1957. С. 163–215.
3. *Турбин Н. В.* Генетика гетерозиса и методы селекции растений на комбинационную ценность // Генетические основы селекции. М., 1971. С. 112–155.
4. *Югенхеймер Р.У.* Кукуруза:улучшение сортов, производство семян, использование.М., 1979. 301 с.
5. *Griffing B.* Concept of general and specific combining ability in relation to diallelcrossing systems // Austr. J. Biol. Sci. 1956. Vol. 9. P. 465–493.

БИОРЕСУРСНЫЕ ВОЗМОЖНОСТИ ПАРАЗИТИЧЕСКИХ РАСТЕНИЙ КАК КОМПОНЕНТОВ СОВРЕМЕННЫХ БИОЦЕНОЗОВ

О. А. Киселева

Ботанический сад УрО РАН, Екатеринбург, Россия, e-mail: kiselevaolga@inbox.ru

Резюме

Паразитические растения обладают набором биоресурсных возможностей, в том числе полезных человеку. Новый – экологический – подход к трактовке роли паразитических растений в естественных биоценозах позволяет пересмотреть традиционный характер отношения человека к паразитическим растениям. Пристальное изучение генетического разнообразия, взаимосвязей растений этой группы в биоценозах – залог продуктивного использования их в качестве моделей для изучения коадаптаций в системе хозяин-паразит-окружающая среда, эффективных модуляторов процессов внутри современных сообществ, источников, дающих комплексную оценку состояния конкретной ассоциации видов, а также как объектов, представляющих лекарственное, пищевое, декоративное значение.

BIORESOURCE POSSIBILITIES OF PARASITIC PLANTS AS COMPONENTS OF MODERN BIOCOENOCES

O. A. Kiseleva

Botanical garden of the Ural separation of RAS, Ekaterinburg, Russia, e-mail: kiselevaolga@inbox.ru

Abstract

Parasitic plants possess the set of biosources including useful for man possibilities. New ecological going near interpretation of the role of parasitic plants in natural biocoenocesis allows to revise traditional character of relation of man to the parasitic plants. Intent study of the genetic variety, intercommunications of plants of this group in the biocoenocesis is mortgage of the productive use them as models for the study of coadaptations in the host-parasitic plant-environment system, effective triggers in modern associations,

sources that can giving complex estimation of the state of bioassociation, and similarly as objects, presenting a medicinal, food, decorative value.

Паразитические растения долгое время представляли для ученых узкий интерес. Даже теперь, как и много десятилетий назад, главное внимание уделяется методам эффективного искоренения сорных представителей данной группы. Следуя традициям Н. И. Вавилова, призывавшего к комплексному и системному изучению возможностей растений, мы в данной работе попытались привлечь интерес к изучению различных способов использования чужеядных растений.

Можно сказать, что на сегодняшний день по большому счету человек не имеет цельного представления о биоресурсных возможностях паразитических растений. Однако имеющиеся сведения, в том числе недавние находки ученых, говорят в пользу перспективности поисков полезных качеств у представители данной группы. Например, обнаружены лекарственные качества некоторых представителей семейств *Hydnoraceae, Cynomoriaceae, Balanophoraceae, Santalaceae, Viscaceae, Scrophulariaceae.* Известно о пищевом использовании паразитических растений из семейств *Hydnoraceae, Balanophoraceae, Olacaceae, Santalaceae, Lennoaceae.* Ценится древесина *Olacaceae, Santalaceae.* Известно о применении в декоративных целях паразитических растений из семейств *Viscaceae, Scrophulariaceae.* Действительно, помимо негативного участия в хозяйстве человека, паразитические растения обладают также набором специфических качеств, позволяющих применять их для решения насущных потребностей людей. Этот тезис часто ускользает от современных исследователей паразитических растений.

Безусловно, изучение чужеядных растений любопытно также с чисто теоретической точки зрения. По сей день остается много нерешенных теоретических проблем, связанных с механизмами возникновения и эволюции паразитических растений, разнообразием форм и способов проявления паразитизма в растительном царстве и экологических закономерностях их существования. В последнее время стали популярны молекулярно-генетические исследования механизмов функционирования системы растение-паразит – хозяин. Однако существенным ограничением для ученых является неполнота знаний об организации и системе морфолого-анатомических трансформаций паразитических растений, а также недостаточное представление о роли паразитических растений в естественных сообществах и их экологическом смысле. Сведения о путях формирования коадаптаций на основе паразитических взаимоотношений в многокомпонентных сообществах могут помочь сбалансировать агроценозы, грамотно организовать биоконтроль и минимализировать урон, приносимый паразитическими растениями.

На данный момент за рубежом появляются интересные исследования паразитических растений, выполненные в экологическом русле, и они привносят много нового в классические представления о месте, роли, природе и развитии чужеядности у растений [9]. В России целенаправленных работ по исследованию многообразия связей паразитических растений в сообществах нет, и эта тема в обзорах, посвященных паразитическим растениям, практически не затрагивается.

Последними громкими открытиями в экологии паразитических растений стали: обнаружение положительной роли паразитических растений в естественных биоценозах [10]; констатация единства физиологических механизмов, определяющих природу аллелопатических взаимодействий и стимуляцию прорастания паразитических растений [13]; обнаружение организмов-антагонистов паразитических растений и использование их в качестве элементов биоконтроля [6]. Интересны результаты исследований, связанных с модулированием действия паразитического растения на хозяина посредством третьего компонента – микологического [5, 11], зоологического [4, 8], абиотического [2, 12].

Паразитизм, комменсализм, мутуализм можно рассматривать как 3 точки на кривой, соединяющей отрицательные отношения с положительными. Это новый подход, который отвергает традиционную, дискретную, схему взаимоотношений видов. Очень важно, что экологическая роль вида может изменяться, как бы смещаясь по этой кривой в ответ на

изменения условий среды. Данная "гипотеза условий взаимодействия" получила подтверждение на модели с участием полупаразитического растения [7].

Паразитические растения могут оказывать ряд негативных и положительных воздействий на своих хозяев, и это дает им возможность воздействовать на структуру и функционирование растительных сообществ. Общеизвестно, что паразитические растения влияют на такие показатели как: общая продуктивность и биомасса сообщества, конкурентные отношения внутри сообщества, распределение видов и функционирование отдельных растительных группировок, дизъюнкция внутри сообщества, степень заражения растений другими паразитами, границы конкретного растительного сообщества внутри биогеоценоза. Увеличивается наша осведомленность о путях положительного влияния паразитических растений на хозяев и на сопутствующие хозяевам виды растений. Quested и его группа [10] изучали действие опада паразитического растения *Bartsia alpina* на субарктические сообщества. Оказалось, что паразитические растения имеют большее содержание питательных элементов в листьях по сравнению с хозяевами. Было выяснено, что опад *Bartsia alpina* обладает особенными качествами: быстро разлагается, содержит в концентрированном виде необходимые растениям химические элементы и эффективно их высвобождает при гниении. Клоны многолетника *B. alpina* концентрируют питательные вещества широкого диапазона из различных хозяев с большой территории, создают долгоживущие богатые участки в тундре, существенно влияя на пространственное распределение ресурсов, доступных растениям. *B. alpina* облегчает распространение проростков *Betula nana* и, возможно, других видов. Таким образом, паразитические растения вызывают сдвиг в распространении видов, поскольку позволяют существовать в суровых и голодных условиях более прихотливым растениям. При оценке роли паразитических растений в сообществах можно провести параллель с азотфиксирующими бактериями.

Часто отношения в системе паразитическое растение – хозяин сравнивают с отношениями между травоядными животными (в том числе насекомыми-фитофагами) и растениями [9]. И травоядные животные, и паразитические растения демонстрируют сходные качества: являются консументами 1-го порядка, имеют предпочтения при выборе жертвы, уменьшают биомассу растений и действуют на их распределение, изменяют структуру и динамику фитоценозов, участвуют в регуляции отношений между растениями и другими организмами. Однако существуют кардинальные отличия между паразитическими растениями и травоядными животными – в подвижности, элементарном составе, потребностях, системах гомеостаза. Паразитические растения, в особенности мало специализированные, имеют физиологию, сходную с физиологией обычных автотрофных растений. Возможны гормональные взаимодействия между хозяином и паразитом. Они могут одновременно паразитировать на своих хозяевах и конкурировать с ними.

Чистый эффект паразитических растений на биомассу растительных сообществ чаще всего отрицательный, но он может быть нейтральным и положительным. Рассмотрим один из возможных вариантов: на бедных либо нарушенных почвах биомасса автотрофных растений невелика, борьба за свет минимальна. Там успешно поселяются полупаразитические растения, у которых минеральное питание осуществляется частично за счет возможностей растений-хозяев, как правило, злостных многолетних сорняков с агрессивной корневой системой. В результате растительное сообщество в имеющихся условиях продолжает свое существование, создавая трофическую основу и нишу обитания для других живых существ. Кроме того, угнетая виолентов, полупаразиты дают возможность проникнуть в фитоценоз другим видам. Нужно учитывать многохозяйственность мало специализированных паразитических растений, за счет которой трофическая нагрузка на сообщество в целом распределяется между всеми компонентами. Предложенная нами модель, безусловно, нуждается в уточнении, однако уже на данном этапе выглядит весьма правдоподобно и частично объясняет устойчивость сообществ с участием полупаразитов.

Паразитические растения могут привести к увеличению или уменьшению видового разнообразия, в зависимости от того, за счет каких видов они осуществляют свое питание –

за счет доминант или за счет редких видов. Pennings, Callaway [9] рассматривали действие *Cuscuta salina* на маршевые сообщества и наблюдали, как этот вид, подавляя хозяев, давал возможность развиваться другим растениям. Причем в случае нескольких хозяев этот паразит существенно снижал свою вирулентность.

Как видно из приведенного обзора, в литературе имеются лишь отрывочные представления об экологических нишах и жизненных стратегиях паразитических растений в естественных сообществах. Безусловно, требуются новые и новые исследования сложных взаимосвязей, в которые вступают растительноядные представители растительного царства для оперирования этими связями и перенесения их из биоценозов в агроценозы.

Итак, нами предлагается нетрадиционный взгляд на совокупность биоресурсных возможностей паразитических растений: данная группа представляет интерес не только в плане изучения негативного воздействия некоторых видов-паразитов на культурные растения. На основе проведенного анализа выявляются перспективные пути исследования биоресурсных возможностей паразитических растений: изучение лекарственных, пищевых, технических качеств, места и роли в природе в рамках современных биоценозов, хода эволюционных преобразований, приведших к возникновению в разных филетических ветвях растительного царства паразитизма. Важный результат обобщения в том, что экологический подход анализа взаимосвязей внутри сообществ выявил у чужеядных растений полезные человеку качества: способность оказывать не только отрицательное, но и положительное влияние на состав, структуру, продуктивность и другие параметры современных биоценозов.

Литература

1. *Callaway R. W., Pennings S. C.* Impact of a parasitic plant on the zonation of two salt marsch//perennials. Oecologia. 1998. V. 114. P. 100 – 105.
2. *Davies M., Graves J.* The impact of phosphorus on interactions of the hemiparasitic angiosperm *Rhinanthus minor* and its host *Lolium perenne*//Oecologia. 2000. V. 124. P. 100 – 106.
3. *Gworgwor N.A., Weber H.C.* Arbuscular mycorrhizal fungi – parasite – host interactions for the control of *Striga hermonthica* (Del.) Benth. in sorghum (*Sorhum biocolor* (L.) Moench)//Mycorrhiza/ 2003. V. 13. P. 277 – 281.
4. *Heinken T.* Migration of an annual mymecochore: a four year experiment with *Melampyrum pratense* L. Plant Ecology. 2004. V. 170. P. 55 – 72.
5. *Khalid A. N. Iqbal S. H.* Mycotrophy in a vascular stem parasite *Cuscuta reflexa//Mycorrhiza*. 1996. № 6. P. 69 – 71.
6. *Klein O., Kroschel J.* Biological control of *Orobanche* sp. with *Phytomyza orobanchia*, a review//BioControl. 2002. V. 47. P. 245 – 277.
7. *Ommeren J. R. Whitham J. G* Changes in interactions between juniper and mistletoe mediated by shared avian frugivores: parasitism to potential mutualism//Oecologia. 2002. V. 130. P. 281 – 288.
8. *Patino S., Grace J., Banziger H.* Endothermy by flowers of *Rhizanthes lowii (Rafflesiaceae)//*Oecologia. 2000. V. 124. P. 149 – 155.
9. *Pennings S. C., Callaway R. M.* Parasitic plants: parallels and contrasts with herbivores//Oecologia. 2002. V. 131. P. 479 – 489
10. *Quested H., Press M., Callagahan T.* Litter of the hemiparasite *Bartsia alpina* enhances plant growth: evidence for a functional role in nutrient cycling//Oecologia. 2003. V. 135. P. 606 – 614.
11. *Salonen V, Vestberg M., Vauhkonen M.* The effect of host mycorrhizal status on host plant-parasitic plant interactions//Mycorrhiza. 2001. V. 11. P. 95 – 100.
12. *Seel W., Cooper R., Press M.* Growth, gas exchange and water use efficiency of the facultative hemiparasite *Rhinanthus minor* associated with hosts differing in foliar nitrogen concentration//Physiologoa plantarum. 1993. V. 89. P. 64 – 70.
13. *Yoder J. I.* Host-plant recognition by parasitic *Scrophulariaceae//*Current Opinion in Plant Biology. 2001. V. 4. P. 359-365.
14. *Yoder J.* Parasitic plant responses to host plant signals: a model for subterranean plant-plant interactions//Current opinion in Plant Biology. 1999. V. 2. P. 65 – 70.

ОСНОВЫ СЕЛЕКЦИИ МАЛОПЕНТОЗАНОВОЙ РЖИ

В. Д. Кобылянский, О. В. Солодухина
Государственный научный центр РФ Всероссийский научно-исследовательский институт растениеводства им. Н. И. Вавилова РАСХН, Санкт-Петербург, Россия, e-mail: v.kobylyansky@vir.nw.ru

Резюме

Рассмотрены возможности создания озимой ржи с малым содержанием водорастворимых арабиноксиланов в зерне. Осуществлен поиск исходного материала для селекции. Разработан метод идентификации и отбора селекционно-ценных биотипов. Предложена стратегия селекции.

BASIS OF LOW PENTOZAN RYE BREEDING

V. D. Kobylyansky, O. V. Solodukhina
State Scientific Center N.I. Vavilov All-Russian Research Institute of Plant Industry of RAAS, St. Petersburg, Russia, e-mail: v.kobylyansky@vir.nw.ru

Abstract

The possibilities of creating winter rye with low content of water soluble arabinoxilans in the grain are considered. The search of initial material for breeding was performed. The method of identification and selection of valuable genotypes was elaborated. The breeding strategy is suggested.

В рамках реализации Государственной программы развития АПК РФ в качестве одного из резервов производства кормового зерна может быть использована озимая рожь – малозатратная, хорошо адаптированная к почвенно-климатическим условиям всех зон России зерновая культура. Зерно ржи превосходит пшеницу, ячмень и кукурузу по питательной и биологической ценности в связи с хорошей сбалансированностью аминокислотного состава белков [2]. Однако его использование на корм животным ограничено присутствием в нем большого количества водорастворимых пентозанов, представленных арабинозой и ксилозой, входящих в состав некрахмальных полисахаридов. Зерно ржи содержит водорастворимых арабиноксиланов в 2–2,5 раза больше, чем зерно других зерновых культур.

Водорастворимые арабиноксиланы (ВАК) характеризуются высокой гидрофильностью и способны поглощать воды в 8–10 раз больше своей массы, в результате чего образуют вязкие гели (слизи), ограничивающие доступ пищеварительных ферментов к белкам и жирам зерна. Кроме того, арабиноксиланы, покрывая слизью стенки кишечника, ограничивают всасывание и усвоение продуктов пищеварения [5].

В России используют для кормления животных 10–11% валового сбора зерна ржи. В странах ЕЭС на корм свиньям, курам, мелкому и крупному рогатому скоту используют около 50% (3,5 млн. т.) валового сбора ржи, благодаря добавкам в кормовые рационы ферментов, расщепляющих пентозаны.

В отношении возможности селекции зернофуражной ржи с низким содержанием ВАК в зерне существуют две противоположные точки зрения. Западноевропейские и канадские специалисты в результате изучения ранее созданных самоопыленных линий озимой ржи пришли к заключению, что создание малопентозановых популяций возможно на основе использования редко встречающихся линий, отвечающих требованиям селекции зернофуражной ржи [6, 9, 11, 12].

Специалисты из Польши и США на основе исследований ржи, пшеницы, тритикале с использованием замещенных линий установили, что гены, контролирующие содержание пентозанов в зерне, разбросаны по всем хромосомам, что не дает возможности манипулировать при селекции [7].

Для ознакомления с существом вопроса мы по литературным материалам выяснили роль пентозанов в жизни растений. В мире растений широко известны только три формы пятиуглеродных сахаров-пентозанов: *рибоза* – присутствует и функционирует в живых клетках растений, участвует в обмене веществ и образовании ДНК и РНК, но ее остатки в сухом зерне не влияют на его качество; *ксилоза* и *арабиноза* (арабиноксиланы) – входят до (90%) в состав гемицеллюлозы и наряду с целлюлозой, лигнином, минеральными веществами являются структурными компонентами клеточных стенок. Зерно популяций современной ржи содержит 7–13% арабиноксиланов, из которых водорастворимые – составляют 20–38% [1, 8, 10]. Арабиноксиланы не являются запасным веществом эндосперма и выделяются из клеточных стенок гемицеллюлозы при набухании или переваривании зерна. Они в отличие от других сахаров не гидролизируются ферментами человека и животных, не сбраживаются дрожжами, хотя также являются сахарами.

С целью поиска исходного материала для селекции изучено 270 образцов коллекции озимой ржи из генофонда ВИР, представленного отечественными и зарубежными сортами и формами. Установлено, что межсортовое варьирование по содержанию ВАК в зерне ржи находится в пределах 1,5–2,8%. Готовых источников малого (1,0–1,3%) их содержания среди генофонда популяций ржи не выявлено. Однако нами замечено, что популяции ржи в небольшом количестве содержат малопентозановые формы растений.

Поиск источников этого признака среди материала внутрипопуляционной изменчивости сортов привел к положительному результату. Дифференциация популяций ржи на отдельные генотипы осуществлена методом «клоновых половинок» растений.

Для этой цели семена исходной популяции высевали в условиях, способствующих интенсивному кущению всходов и не допускающих возможности яровизации растений. Растения, достигшие 10 и более вегетативных стеблей, расчленяли на 2 клона и в последующем повторяли операцию до получения не менее 25–30 и более кустов клонов от каждого генотипа. Начало клонирования проводили в ранневесенний период в теплице. При достижении внешних температур, исключающих яровизацию растений озимой ржи, клонирование продолжали в поле. На следующий год в фазу колошения растений одну половину клонов (50 колосьев) каждого генотипа изолировали с целью получения самоопыленных потомств и сохранения клонов в генетической целостности. Зерно свободно опыленной неизолированной части колосьев клонов этих же генотипов использовали для биохимического анализа, по результатам которого судили о пригодности зерна самоопыленной части клонов для селекции.

При использовании метода «клоновых половинок» имеет большое значение степень завязывания семян от самоопыления перекрестноопыляющихся растений ржи. Изоляция отдельных колосьев маточных растений 51 клона модельной популяции сорта Эра показала большой разброс изменчивости по признаку самосовместимости (табл. 1).

Таблица 1. Завязываемость семян при самоопылении отдельных колосьев клонов сорта озимой ржи Эра, Ленинградская обл., 2006 г.

Число клонированных генотипов	Завязываемость семян в колосе (потомство I_1), %	Число клоновых генотипов	Завязываемость семян в колосе (потомство I_1), %
9	0,3–1,0	2	6,1–7,0
6	1,1–2,0	2	7,1–8,0
5	2,1–3,0	5	8,1–9,0
5	3,1–4,0	4	9,1–10,0
3	4,1–5,0	5	10,1–20,0
2	5,1–6,0	3	23,2–31,4

Выявлено, что завязывание семян от самоопыления колебалось от 0,3 до 31%. Более половины клоновых генотипов от 50 колосьев завязали 0,3–8% семян, что позволило в среднем получить от 5 до 180 зерен. Этого числа семян достаточно для получения полноценных самоопыленных потомств

клонов. Из всего числа генотипов только 17 с уровнем завязываемости 8,1–31,4% представляли собой самосовместимые, или ложносовместимые генотипы. Число зерен от их самоопыления составило от 210 до 830, что позволяет в случае удачи использовать самоопыленные половинки клонов для создания популяций доноров, гомогенных по признакам низкого содержания ВАК и, самофертильности (S^f).

Метод «клоновых половинок» позволил получить и изучить по физическим и биохимическим показателям качества зерна 266 клонированных генотипов модельных популяций ржи нашей селекции: Волга 3, Популяция 20 и Эра. На основе дифференциации популяций выявлен 41 источник малого содержания ВАК, пригодных для селекции (табл. 2).

Таблица 2. Источники малого содержания ВАК в зерне ржи

Популяция ржи*	Волга 3	Популяция 20	**Эра
Изучено клонированных генотипов	94	77	95
Источники малого содержания ВАК (1,0–1,3%) в зерне	15 (16%)	11 (14%)	15 (16%)

* Посев проведен специально отобранными семенами («ноу-хау»),
** Эра районированный сорт озимой ржи.

Проведенные исследования определили путь поиска ограниченного числа генетических источников малого содержания ВАК в зерне.

С целью увеличения числа ценных генотипов из популяции сорта Эра проведено скрещивание растений двух лучших «нововыявленных» клонов-источников признака с остальными клонированными генотипами, находящимися в опыте. Затем гибридные семена использовали для получения новых клонов и повторно дифференцировали методом «клоновых половинок».

Оценка зерна 95 переопыленных клонов на содержание ВАК выявила существенное изменение новой популяции растений по этому признаку (табл. 3).

Если оригинальная популяция сорта Эра включала 2% биотипов с содержанием ВАК в зерне 1,3%, то их переопыление увеличило частоту форм с низким содержанием ВАК до 14% (рис. 1.).

Таблица 3. Распределение генотипов гибридной популяции сорта озимой ржи Эра по содержанию ВАК в потомстве F_1, Ленинградская обл., 2006 г.

Число клонированных генотипов	Содержание ВАК, % на сухое вещество	Число клоновых генотипов	Содержание ВАК, % на сухое вещество
0	1,00–1,10	18	1,41–1,50
1	1,11–1,20	17	1,51–1,60
13	1,21–1,30	16	1,61–1,70
22	1,31–1,40	8	1,71–1,80



Рис. 1. Сравнительное распределение генотипов ржи популяций Эра оригинальная и Эра гибридная (F_1) по содержанию ВАК в зерне

Ощутимое увеличение числа малопентозановых форм обеспечивает возможность создания источников признака для селекции и формирования новой популяции зернофуражной озимой ржи. Нормальное распределение генотипов с разным содержанием ВАК в зерне популяций ржи свидетельствует о полигенной основе наследования признака низкого содержания ВАК, что открывает перспективы отбора ценных биотипов ржи и увеличения их количества.

С целью определения наследования признака содержания ВАК в зерне и раскрытия возможности технологии селекции были изучены гибриды от скрещивания растений, различающихся по этому признаку (табл. 4).

Таблица 4. Степень доминирования высокого содержания ВАК в зерне гибридов F_1 озимой ржи, Ленинградская обл., 2008 г.

Комбинация скрещивания	Содержание ВАК, % на сухое вещество			Степень доминирования, S (ha)
	♀	F_1	♂	
Коминакс 37/8 × Дымка	1,20	2,07	2,08	0,99
Минакс 2/05 × Дымка	1,15	2,08	2,08	0,00
Эра Л.32/06 × Фаленская 4	1,32	2,03	2,01	1,00
Иммунная 762 × Дымка	1,43	2,17	2,08	0,97
Волхова 2 × Амило	1,46	2,01	2,00	1,03
Эра Л.74/06 × Дымка	1,20	2,09	2,08	1,03
Минакс 173/06 × Коминакс 37/08	1,20	1,20	1,20	0,00
Коминакс 37/08 × Минакс 2/05	1,20	1,20	1,15	0,01

Выявлено, что в первом поколении (F_1) все гибриды показали четкое доминирование или сверхдоминирование высокого содержания ВАК над низким и рецессивный характер наследования низкого содержания ВАК, что очень удобно для селекции ржи. Реципрокное скрещивание альтернативных по содержанию ВАК форм ржи показало отсутствие влияния отцовских компонентов на качество зерна материнских растений (табл. 5).

Таблица 5. Содержание ВАК в гибридных зерновках ржи при реципрокных скрещиваниях растений, Ленинградская обл., 2007 г.

Компоненты скрещиваний	Содержание ВАК в зерне, %	Гибриды реципрокные	Содержание ВАК в гибридном зерне, %
Кл. 289/07	2,00	Кл. 289 × Кл. 246	2,00
Кл. 246/07	0,53	Кл. 246 × Кл. 289	0,54
Кл. 74/07	1,20	Кл. 74 × Дымка	1,20
Дымка	2,08	Дымка × Кл. 74	2,08

Гибридные семена не меняли показателей по содержанию ВАК в зерне в сравнении с материнским компонентом, что говорит о фенотипическом проявлении признака. Генетическое проявление признака заметно в F_1 и последующих поколениях.

Изучение изменчивости популяций ржи, различающихся по содержанию ВАК в зерне от 1,27 до 2,04%, при их выращивании в разные годы (в течение 5 лет) показало неодинаковую реакцию образцов на условия года (табл. 6).

Одни образцы сильно реагировали на условие года (CV = 10,3–14,1%), другие – слабо (CV = 2,7–3,9%). Выявлена закономерность, показывающая большую межпопуляционную изменчивость признака (CV = 18%) и меньшую изменчивость при выращивании растений в разные годы.

Выявлены образцы, очень слабо реагирующие на условия года, что открывает возможность для создания популяций ржи, стабильно сохраняющих низкое содержание ВАК в зерне.

Таблица 6. Изменчивость содержания ВАК в зерне ржи в зависимости от года выращивания, Ленинградская обл.

Образец*	Содержание ВАК в зерне, % на сухое вещество, год					X	Sx	CV, %
	2001	2002	2003	2004	2005			
Россиянка	1,68	1,63	1,74	1,64	1,65	1,668	0,044	2,7
Комбайниняй 2	1,48	1,41	1,52	1,44	1,51	1,472	0,047	3,2
Комбайниняй 3	1,27	1,20	1,33	1,45	1,21	1,292	0,103	7,9
Волхова 2	1,67	1,53	1,64	1,57	1,54	1,590	0,062	3,9
Гетера 3	1,34	1,63	1,66	1,79	1,67	1,618	0,167	10,3
Ил 23/94	1,57	1,28	1,56	1,75	1,88	1,608	0,227	14,1
Илим короткий	1,53	1,53	1,64	1,79	1,80	1,658	0,133	8,0
Таловская 2	1,36	1,36	1,61	1,45	1,40	1,436	0,104	7,2
Веросим 1 (тетра)	2,04	1,99	1,93	1,93	2,24	2,026	0,128	6,3
CV%	15,1	15,6	10,0	10,9	18,0			

* Доноры иммунитета, созданные в ВИРе

По результатам исследований впервые создано 2 самоопыленных (S^f) донора низкого (1,0–1,2%) содержания ВАК в зерне: МИНАКС КЛ.2/О5, S^f (авторы: сотрудники ВИР) и КОМИНАКС ШТ.37/08, S^f (авторы: сотрудники ВИР и Башкирского НИИСХ). Доноры характеризуются хорошими агрономическими признаками применительно к задачам селекции.

Впервые замечено, что зерновки ржи с малым содержанием ВАК по внешнему виду отличаются от других зерновок популяции. Они характеризуются гладкой, утонченной, почти прозрачной плодовой оболочкой и, по этой причине, несколько уменьшенными размерами.

Предварительное анатомо-морфологическое изучение зерновки ржи с малым содержанием ВАК показало уменьшение толщины перикарпия на 40–50%. В исследованиях у

такой ржи замечены подобные изменения показателей толщины стенок клеток эндосперма и вязкости водного экстракта зерна [13].

Согласно исследованиям Е. Казакова [3] и Л. Любарского [4] доля оболочки в составе зерна ржи в среднем составляет 7,4–12,4% при толщине 60,1–101,4 мкм (табл. 7).

Таблица 7. Составные части зерновки ржи

Части зерновки	Доля от массы зерновки, %, по		Толщина оболочки, мкм
	Казаков, 1947	Любарский, 1956	
Эндосперм (без алейронового слоя)	77,7	72,7	–
Зародыш	3,8	3,6	–
Оболочки зерновки	7,4	12,4	60,1–101,5 (54,5)*
Алейроновый слой	11,2	11,3	54,5 (34,0)*

* В скобках приведены аналогичные показатели пшеницы, имеющей мало ВАК.

Большой размах биотипов в популяциях ржи по процентной доле оболочек зерновки от массы всей зерновки открывает возможность для отбора тонкопокровных форм.

Исходя из известного факта местонахождения арабиноксиланов в клеточных стенках растений, в том числе и зерновки, можно считать, что основным местом локализации максимального количества ВАК являются те ткани растений и зерновок, которые состоят из максимального числа клеток. Оболочки зерновок почти полностью состоят из отмерших клеточных стенок некогда функционировавших тканей.

На основании анализа литературных данных А. И. Ермаков и соавт., указывают на большую локализацию пентозанов у зерновых культур в покровах зерновки и алейроновом слое [1].

Сопряженность двух факторов – малое содержание ВАК и малая толщина оболочек взаимно обусловлена. Эта причинно-следственная связь позволила сформулировать стратегию селекции малопентозановой зернофуражной ржи.

Формула стратегии: «**Селекция ржи на снижение количества водорастворимых арабиноксиланов в зерне может быть осуществлена путем уменьшения доли оболочек в составе зерновок при улучшении химического состава эндосперма**».

Уменьшение доли оболочек в составе зерновки при уменьшении общих и водорастворимых арабиноксиланов автоматически приводит к увеличению натуры зерна, процента белка, жира, крахмала, а также уменьшению зольности, выхода отрубей и увеличению выхода муки. Все это увеличивает питательную, биологическую и технологическую ценность зерна ржи. Полученные новые знания и наработка экспериментального материала позволяют надеяться на ближайшие перспективы создания зернофуражной ржи, обеспечение надежной кормовой базы животноводства, увеличение экономической эффективности и расширение площадей возделывания озимой ржи.

Литература

1. *Дименштейн Ф. И., Ермаков А. И. и др.* Биохимия ржи // Биохимия культ. раст. М.-Л., 1958. Вып. 1. С. 165–232.
2. *Кобылянский В. Д.* Рожь (генетические основы селекции). М.: Колос, 1982. 240 с.
3. *Казаков Е. Д.* Количественное соотношение и зольность составных частей зерна ржи // ДАН СССР, 1947. Вып. 58, № 6. С. 1081–1082.
4. *Любарский Л. Н.* Рожь (биолого-технологические свойства зерна). М., 1956. 260 с.
5. *Boros D.* Quality aspects of rye for feed purposes // Vortr. Pflanzenzücht. 2007. Vol. 71. P. 80–85.
6. *Boros D. Madej L., Jagodzinski J.* Perspectives of selection for better nutritive quality of rye // Plant Breed. Seed. Sci. 1997. Vol. 41. P. 81–89.

7. *Boros D., Lukaszewski A.* Aniol. Location of genes controlling of dietary fibre and arabinoxilans in rye // Proceed. of the EUCARPIA Rye Meeting (July 4–7, 2001). Radzicow, Poland, 2001. 78 p.
8. *Cyran M., Rakowska M., Wasilewko J., Buraczewska L.* Degradation of dietary fiber polysaccharides of rye in the intestinal tract of growing pigs used as a model animal for studying digestion in humans // J. Anim. Feed Sci. 1995. Vol. 4. P. 217–227.
9. *Falme W., Dill P., Jansen G., Roux S.* Developing rye germplasm for alterative uses: Quality assessment methods and progress from selection // Vortr. Pflanzenzücht. 1997. Vol. 35. P. 129–138.
10. *Henry R.J.* Pentosan and (1-3), (1-4)-beta-glucan concentrations in endosperm and wholegrain of weat, barley, oats and rye // J. Cereal Sci. 1987. Vol. 6. P. 253–258.
11. *Kolasinska I., Boros D., Madej L., Cygankiewicz A.* Quantitative characteristics of rye inbred lines // Proceed. of the EUCARPIA Rye Meet. (July 4–7, 2001). Radzicow, Poland, 2001. P. 315–318.
12. *Mc Leod J. G., Gan V., Scoles G. J., Campbell G. L.* Extract viscosity and feeding quality of rye // Vortr. Pflanzenzücht. 1996. Vol. 35. P. 97–108.
13. *Ragaee S. M. et al.* // J. Agric. Food Chem. 2001. Vol. 49. 5 p.

РАЗРАБОТКА МОДЕЛИ ВЫСОКОПРОДУКТИВНОГО СОРТА РИСА НА ОСНОВЕ МОРФОФИЗИОЛОГИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ

В. С. Ковалев, Н. Н. Малышева, М. А. Скаженник
Государственное научное учреждение Всероссийский научно-исследовательский институт риса Россельхозакадемии, Краснодар, Россия, e-mail: arrri_kub@mail.ru

Резюме

Приводится описание основных морфологических, физиологических и биологических признаков растений риса, которые являются основополагающими при моделировании перспективных техногенно-интенсивных сортов с высоким потенциалом продуктивности.

MODELLING A HIGH-YIELDING RICE CULTIVAR ON THE BASIS OF MORPHOPHYSIOLOGICAL PARAMETERS

V. S. Kovalyov, N. N. Malysheva, M. A. Skazhennik
All-Russian Rice Research Institute, Krasnodar, Russia, e-mail: arrri_kub@mail.ru

Abstract

The article describes main morphological, physiological and biological characters of rice plant fundamental for modelling prospective technogenically intensive varieties with high productivity potential.

Вклад селекции в повышение урожайности важнейших сельскохозяйственных культур за последние 30 лет оценивается в 40 – 60%. В странах с высокоразвитым сельским хозяйством, где возможности агротехнологий исчерпаны на 90 – 95%, основным путем повышения эффективности растениеводства является селекция. Именно благодаря селекции на протяжении последних 50 лет ежегодная прибавка урожая обеспечивается по главным полевым культурам в размере 1 – 2%.

В Российской Федерации основные площади рисовых систем (75%) и объемы производства (85%) риса сосредоточены в Краснодарском крае. На Кубани уже к 1983 г. было построено около 255 тыс. га рисовых оросительных систем. В настоящее время ежегодно рисом на Кубани засевается 117 – 120 тыс. га, а валовые сборы составляют 550 – 600 тыс. т.

Научное обеспечение отрасли рисоводства, в том числе по вопросам селекции и семеноводства, осуществляет Всероссийский НИИ риса. Научная селекционная работа по рису в России имеет несколько этапов, первый из которых – изучение интродукционного материала из генетической коллекции риса, собранной Н. И. Вавиловым, отбор лучших форм, приспособленных к условиям России [5]. По мере накопления исходного

интродукционного материала из различных рисосеющих стран мира начали использовать гибридизацию, вначале простую парную, а затем ступенчатую.

В родословной всех наиболее значимых российских сортов риса обязательно присутствуют интродукционные сорта, послужившие источниками таких важнейших признаков, как скороспелость (Кендзо), широкая экологическая адаптивность (к-514, Маньчжурия), короткостебельность и продуктивность (Balilla Grano Grosso, Италия; Anao, Португалия), высокое качество крупы (Saturn, США), что внесло в селекцию российских сортов риса элемент трансгрессии [6, 7]. Тем не менее, в качестве одного из родителей при создании гибридной популяции всегда привлекали лучшие сорта и линии гибридного происхождения российской селекции [2]. При скрещивании с сортообразцами из других экологических групп получали сорта с широкой экологической адаптивностью, приспособленные для выращивания на территории России.

За годы работы института (с 1931 г.) селекционерами создано более 90 сортов, урожайный потенциал которых вырос с 7 т/га (Кендзо) до 12 т/га (Рапан, Хазар, Флагман), а сортосмена и улучшение технологий обеспечили рост средней урожайности на Кубани с 2,5 – 3,0 до 5,0 – 5,5 т/га. Однако, несмотря на явные успехи последних лет, биологические возможности этой ценной сельскохозяйственной культуры используются далеко не в полной мере.

В настоящее время селекционная работа по рису в России направлена на создание сортов высокопродуктивных, устойчивых к биотическим и абиотическим стрессам, с высоким качеством крупы, а также пригодных для различных технологий возделывания: интенсивных, с применением химических средств защиты от болезней и вредителей, экологически чистых и экстенсивных.

В последние годы, благодаря стабилизации экономической ситуации в России, существенно повысился уровень технологии возделывания риса и в производстве увеличивается доля техногенно-интенсивных сортов.

По мнению известных селекционеров [4, 8], реализация потенциальной урожайности на 50% в условиях производства – довольно высокий показатель. И для дальнейшего повышения урожайности в производстве необходимо наращивать продуктивный потенциал культуры селекционным путем [3]. Исходя из этого, если новые сорта в условиях производства дают на больших площадях урожаи 5,0 – 6,0 т/га, а их потенциал равен 11 – 12 т/га, то будущие сорта должны иметь урожайность на 1 – 2 тонны выше.

Каков потенциал новых сортов, возможна ли более полная его реализация в производстве и какова дальнейшая стратегия селекции?

Потенциал урожайности в 11 – 12 т/га должен обеспечиваться более густым стеблестоем, несколько большей продуктивной кустистостью, хорошей озерненностью метелок, более продолжительной работой листового аппарата, что показано в описании модели перспективного сорта риса. Она разрабатывалась в 80 – 90-е годы прошлого столетия (табл. 1).

Таблица 1. Основные признаки и параметры сортов риса

Признак	Сорта-эталоны		Перспективный сорт
	Краснодарский 424	Спальчик	
Урожайность потенциальная, т/га	10,0 – 10,5	10,5 – 11,0	11,0 – 12,0
Количество продуктивных побегов при оптимальной густоте, шт./м^2	450 – 500	450 – 500	500 – 550
Продуктивная кустистость	1,9 – 2,1	1,9 – 2,1	2,0 – 2,2
Количество колосков на главной метелке	80 – 90	95 – 105	90 – 95
Масса 1000 зерен, г	31 – 32	28 – 29	30 – 32
Доля побегов кущения в урожае, %	40 – 45	38 – 43	40 – 45
Вегетационный период, дн.	120 – 125	115 – 123	120 – 125

Признак	Сорта-эталоны		Перспективный сорт
	Краснодарский 424	Спальчик	
Высота растений, см	110 – 120	75 – 90	85 – 100
$К_{хоз.}$	0,50 – 0,55	0,55 – 0,60	0,53 – 0,58
Доля налива зерна за счет реутилизации, %	25 – 30	22 – 27	20 – 25
Удельная поверхностная плотность листа (УППЛ) в фазу выметывания, г/м^2, флага четвертого сверху	43 – 44 38 – 39	43 – 44 32 – 33	44 – 45 36 – 37
Индекс листовой поверхности в фазу выметывания, м^2/м^2	6,0 – 6,5	6,0 – 6,5	6,0 – 6,5
Объемная плотность посева в фазу выметывания, м^2/м^3	4,8 – 5,2	6,7 – 8,0	6,0 – 7,5
Площадь фотосинтезирующей листовой поверхности в фазу полной спелости, % к площади листьев в фазу выметывания	50 – 60	50 – 60	60 – 70
Фотосинтетический потенциал, млн м^2/га; сут., всего: в том числе – вегетативного роста – налива зерна	3,6 – 3,9 2,1 – 2,3 1,5 – 1,6	3,4 – 3,8 1,9 – 2,1 1,5 – 1,7	3,7 – 4,1 2,0 – 2,2 1,7 – 1,9
Угол отхождения листовой пластинки от стебля: флаг подфлаг третий сверху четвертый	75 – 85 35 – 45 30 – 40 25 – 35	50 – 60 25 – 35 30 – 40 27 – 37	25 – 35 30 – 40 35 – 45 25 – 30

В 1994 – 1995 гг. в лаборатории физиологии ВНИИ риса был изучен сорт Рапан, а в 1998 – 1999 гг. сорт Хазар в сравнении с сортом Спальчик на трех фонах минерального питания [1]. В результате исследований выявлено, что на оптимальном фоне минерального питания параметры новых сортов близки к параметрам перспективного сорта, и при повышении уровня минерального питания возможно повышение урожайности. Представленные сорта не имеют большого отличия в потенциале урожайности, но некоторые их особенности, например устойчивость к полеганию, позволяют более полно реализовывать в производстве их потенциальную продуктивность (табл. 2).

Таблица 2. Урожайность и элементы ее структуры у сортов риса в зависимости от доз минеральных удобрений, 1998 – 1999 гг.

Сорт	Фон удобрений, г д.в. на 1 м^2	Коэффициент продуктивного кущения	ИЛП в фазу цветения, м^2/м^2	Доля урожая с боковых побегов, %	$К_{хоз.}$	Урожай зерна, кг/м^2	Полегание, %
Спальчик	$N_{12}P_6K_6$	1,4	2,66	18,0	0,52	0,739	0,0
	$N_{24}P_{12}K_{12}$	2,4	7,74	50,3	0,46	1,081	82,0
	$N_{36}P_{18}K_{18}$	2,7	8,89	58,9	0,45	1,180	90,0
Хазар	$N_{12}P_6K_6$	1,4	3,80	18,7	0,53	0,892	0,0
	$N_{24}P_{12}K_{12}$	2,1	6,77	42,9	0,48	1,304	0,0
	$N_{36}P_{18}K_{18}$	2,5	8,80	52,5	0,47	1,507	0,0

В настоящее время проводится комплексная работа физиологов и селекционеров по моделированию сорта с потенциалом 12 – 13 т/га. Некоторые параметры ее представлены в табл. 3.

Таблица 3. Основные морфофизиологические признаки, входящие в модель сортов риса интенсивного типа

Признак	Модель
Урожайность, т/га	12 – 13
Скорость прорастания семян при 14^0 С, сут.	6,4 – 6,5
Густота всходов, шт./м^2	250 – 350
Продуктивная кустистость, ед.	1,6 – 2,2
Число продуктивных побегов, шт./м^2	550 – 650
Масса метелки в фазу цветения, г	0,30 – 0,45
Ее доля в общей массе побега в цветение, %	13 – 16
Масса метелки в полную спелость, г	1,6 – 2,0
Число зерен в метелке, штук	60 – 100
Пустозерность метелки, %	10 – 25
Число зерен на м^2, тыс. штук	46 – 52
$К_{хоз.}$,%	49 – 53
Вынос азота надземной массой, г N/м^2	19 – 27
Потребление азота на 1 кг зерна, г	20 – 28
Полегаемость посевов, %	0 – 20
Масса целлюлозы в 1 см длины стебля, мг/см	5 – 7
Устойчивость стебля на изгиб, г	70 – 90

Таким образом, основываясь на многолетнем опыте и учитывая экономические возможности производства, на сегодняшнем этапе селекции вполне оправдано создание техногенно-интенсивных сортов, требующих дополнительных затрат на их возделывание. Это обеспечит рост урожайности и валовых сборов риса в стране.

Литература

1. *Воробьев Н .В.* К физиологическому обоснованию моделей сортов риса / Сост.: Н. В. Воробьев,
2. М. А. Скаженник, В. С. Ковалев. Краснодар, 2001. 119 с.
3. *Дзюба В. А.* Генетика риса. Краснодар, 2004. 283 с.
4. *Драгавцев В. А., Герасименко И. И.* Проблемы отбора и оценки селекционного материала. Киев, 1980. С. 29 – 31.
5. *Жученко А. А.* Ресурсный потенциал производства зерна в России (теория и практика) / А.А. Жученко. М.: ООО «Издательство Агрорус», 2004. 1110 с.
6. *Ляховкин А. Г.* Мировое производство и генофонд риса. Вьетнам, Ханой: Сельское хозяйство. 1992. 344 с.
7. *Стипиди Н. Н., Дзюба В. А.* Некоторые аспекты генеалогии сортов риса // Материалы IX Междунар. симп. «Нетрадиционное растениеводство. Эниология. Экология и здоровье», 3 – 10 сентября. Алушта, 2000. 217 с.
8. *Шиловский В. Н.* Селекция сортов риса в России: Дис. на соиск. учен.степ. д-ра. Наук. Краснодар, 2001. 38 с.
9. *Kinoshita T.* Gene analyses // Sc. of rice plant. Genetics. Tokyo, 1997. V. 3. P. 197 – 251.

ПУТИ РЕШЕНИЯ ПРОБЛЕМЫ УСТОЙЧИВОСТИ К ПОЛЕГАНИЮ В СЕЛЕКЦИИ ЯЧМЕНЯ

Л. Н. Ковригина
Кемеровский государственный университет, Кемерово, Россия, e-mail: lnkovrigina@mail.ru

Резюме

В условиях Западной Сибири проведена оценка коллекции и гибридов ярового ячменя по комплексу морфологических и анатомических признаков соломины, связанных с устойчивостью к полеганию. Выделены сорта с оптимальным и стабильным проявлением признаков. В гибридных популяциях F_2 отобраны растения с толстой длинной соломиной. Особенности генетического контроля большинства анатомических признаков и длины базальной зоны ограничивают отборы в ранних поколениях.

WAYS THE DECISION OF A PROBLEM OF STABILITY TO DROWNING TO BARLEY SELECTIONS

L. N. Kovrigina
The Kemerovo state university, Kemerovo, Russia, e-mail: lnkovrigina@mail.ru

Abstract

In the conditions in Western Sibiria the estimation of a collection and hybrids of summer barley on a complex of morphological and anatomic signs of the culm connected with stability to drowning is spent. Cultivars with optimum and stable display of signs are allocated. In hybrid populations F_2 plants with a thick long culm are selected. Features of the genetic control of the majority of anatomic signs and length of the bottom zone limit selections in early generations.

Склонность к полеганию у зерновых культур ограничивает потенциал продуктивности, приводит к заметному изменению обменных процессов в растениях, к усиленному развитию грибковых заболеваний, снижению качества зерна и затрудняет уборку урожая [4].

Обширные исследования позволили установить причины, вызывающие полегание посевов, охарактеризовать формы с различной устойчивостью по комплексу структурных признаков, биохимическому составу и физиологическим особенностям [6, 2].

M. J. Pinthus [9] в обзоре, посвященному полеганию у злаков, называет два выдающихся достижения 60-х годов XX века в контроле полегания: выведение короткостебельных форм и использование регуляторов роста. В ходе селекции изменилась архитектоника растений, и современные сорта более устойчивы к полеганию [3], но исследования и селекционная работа в данном направлении продолжаются как в нашей стране, так и за рубежом [7, 10]. В настоящее время актуальными являются региональные аспекты проблемы: для зон с различным режимом увлажнения рекомендуются различные источники устойчивости к полеганию [1], предъявляются специфические требования к структуре растений в моделях сортов.

В Западной Сибири нестабильность гидротермического режима ограничивает выращивание сортов, проявляющих высокую вертикальную устойчивость в других регионах. Полегание посевов в регионе чаще зависит от переувлажнения в период молочно-восковой спелости, решающее значение будет иметь не укорачивание стебля в процессе селекции, а усиление его прочности за счет утолщения стенок и увеличения диаметра первого и второго префлоральных междоузлий. В модели сорта предусмотрена также стабилизация базальной зоны и укорачивание нижних междоузлий префлоральной зоны побега и формирование соломины длиной 70–80 см [4].

Работа по получению рекомбинантов с оптимальным сочетанием и стабильным проявлением признаков, коррелирующих с устойчивостью к полеганию, проводится с 1997 г. в лаборатории селекции зерновых культур Кемеровского НИИСХ и на кафедре ботаники Кемеровского госуниверситета.

На первом этапе выполнения программы проведена оценка материала из мировой коллекции ВНИИР им. Н. И. Вавилова с целью выделения источников устойчивости к полеганию со стабильным проявлением основных маркерных морфоанатомических признаков в разные по гидротермическому режиму годы и в посевах различной плотности.

На втором этапе выявленные источники были вовлечены в скрещивания, изучено наследование структурных признаков, дана оценка комбинационной способности родительских сортов и эффективности отборов в ранних поколениях.

В одной серии исследований изучали донорские свойства карликовых сортов ячменя по морфологическим признакам соломины, связанными с устойчивостью к полеганию [8].

Объектами исследования служили относительно высокорослые сорта: Лука (Кемеровская обл.). Баган (Новосибирская обл.) и карликовые – Mikmo (Ленинградская обл.), Diamant (Чехия), Franklin (Австралия), RF-8 (Латвия) и Golden Promis (Великобритания), а также их гибриды, полученные в результате топкроссных скрещиваний.

Короткостебельные сорта отличались от относительно высокорослых укороченным стеблем, у них формировались более короткие базальные и префлоральные междоузлия.

В тоже время группа короткостебельных сортов была неоднородна по морфологическим признакам. У сорта Mikmo, независимо от погодных условий, формируются короткая зона кущения и первые два префлоральных междоузлия. Для Rf-8 характерны относительно короткие нижние междоузлия, короткая и широкая колосоножка. Сорт Franklin отличается коротким и широким базальным междоузлием. Однако, у изученных сортов выявлена прямая зависимость ($r = 0,13 – 0,40$) между длиной нижних междоузлий и их диаметром. Данная связь является нежелательной в селекции, направленной на укорачивание нижних междоузлий, но ее невысокие значения позволяют надеяться на получение необходимых рекомбинантов с короткими и широкими междоузлиями.

При скрещивании короткостебельных сортов с высокорослыми наблюдали трансгрессивное расщепление и провели отборы в ранних поколениях элитных растений соответствующей высоты с короткими и широкими междоузлиями базальной зоны первого, второго и верхнего префлоральных междоузлий.

Короткостебельные сорта характеризовались средней способностью передавать уровень развития морфологических признаков. Наибольшую ценность для включения в селекционные программы, связанные с устойчивостью к полеганию, представляет сорт латвийской селекции Rf-8 со стабильно высокими значениями ОКС по длине зоны кущения и числу префлоральных междоузлий. Среди высокорослых сортов высокой и средней ОКС по длине и диаметру базального и первого префлорального междоузлий, длине стебля, второго и верхнего префлоральных междоузлий характеризовался Лука. Среди перспективных линий, соответствующих региональной модели сорта, преобладали гибриды этих сортов.

В ходе генетического анализа отмечено, что минимальное количество перспективных комбинаций и трансгрессивных рекомбинантов было выделено по длине базальной зоны в целом и 4-го базального междоузлия в частности. Комбинационная способность сортов по этим признакам была низкой.

Во второй серии исследований выявляли источники не только морфологических образцов, но и анатомических признаков среди 64 сортов, зарегистрированных в коллекции ВНИИР им. Н. И. Вавилова, как источники устойчивости к полеганию.

По результатам наблюдений в 1997 г. в качестве перспективных селекционных источников из 64 было выбрано 24 сорта с короткими и широкими базальными, нижними и верхним префлоральными междоузлиями, высокими показателями продуктивности, а также характеризующиеся высокими значениями индексов устойчивости.

В засушливом 1998 г. отмечали у всех сортов укорачивание длины стебля, уменьшение длины и диаметра базального и префлоральных междоузлий.

Известно, что в условиях неравномерного гидротермического режима сорта ячменя, характеризующиеся зависимостью морфологических показателей вертикальной устойчивости от погодных условий, проявляют склонность к полеганию. В связи с этим

количество сортов, рекомендуемых для включения в гибридизацию, сократилось до 11. Кроме того, они были классифицированы по группам селекционной значимости в убывающем порядке: 1) Рамос; 2) Эльф, Cork, Brenda, Trebon; 3) Forum; 4) Одесский 100, Кумир Одесский; 5) Андрей; 6) Неполегающий; 7) Баган.

В ходе исследований также были выявлены сорта с широкой стенкой соломины и максимальным развитием склеренхимы и проводящей системы. Оценка изменчивости этих признаков также позволила ранжировать их (в порядке убывания селекционной ценности): 1) Рамос; 2) Неполегающий, Forum, Эльф; 3) Кумир Одесский; 4) Cork; 5) Brenda, Trebon.

В скрещивания по диаллельной схеме были включены относительно низкорослые сорта Эльф и Brenda и относительно высокорослые – Неполегающий и Баган.

При изучении характера наследования размеров стебля и отдельных метамеров был обнаружен реципрокный эффект и зависимость от погодных условий. По длине базальной зоны изменчивость у гибридов была ниже, чем у сортов, поэтому данный признак характеризуется, в основном, низкой наследуемостью, что затрудняет отборы во втором поколении. По длине и диаметру отдельных префлоральных междоузлий у всех гибридных комбинаций было выявлено неполное доминирование с уклонением в сторону лучшего родителя в сочетании с высокой наследуемостью.

В гибридных комбинациях в разные годы отмечались положительные в плане устойчивости к полеганию трансгрессии по длине стебля, длине и диаметру междоузлий, базальной и префлоральной зон. Но генотипическая изменчивость по длине междоузлий базальной и префлоральной зон была неравноценной, между этими признаками выявлена прямая зависимость, что затрудняло прогноз на получение форм с относительно длинной соломиной и короткой базальной зоной.

Изучение наследования анатомических признаков показало, что в генетическом контроле большинства из них ведущую роль играют неаддитивные эффекты генов, существенно влияние генов цитоплазмы, выраженность признаков у гибридов зависит от условий среды. В большинстве комбинаций отмечена нестабильность по годам характера наследования, степени наследуемости и положительных трансгрессий.

По большинству анатомических признаков был дан отрицательный прогноз эффективности отборов в ранних поколениях. Кроме того, у гибридов, как и у родительских сортов, отмечена нежелательная в селекции на неполегаемость прямая корреляция между толщиной междоузлия и диаметром полости в нем. Вместе с тем, в ряде комбинаций были отобраны элитные растения с оптимальным сочетанием признаков, которые в последующих репродукциях отличались высокой устойчивостью к полеганию.

Таким образом, в селекции на устойчивость к полеганию можно использовать короткостебельные сорта, как доноры коротких междоузлий. В коллекции сортов с высокой устойчивостью к полеганию есть источники анатомических признаков, усиливающих опорные функции стебля ячменя. В процессе селекции короткостебельных форм была преодолена взаимосвязь между длиной соломины и продуктивностью растений, а в настоящее время необходима работа по выявлению природы и разрыву нежелательных корреляций между размерами разных частей стебля, которые не подвергались целенаправленному давлению искусственного отбора.

Литература

1. *Голова Т. Г.* Изучение источников устойчивости к полеганию ярового ячменя в условиях ЦЧЗ // Тез. докл. Межд. науч.-практ. конф. СПб.: ВИР, 2001. С. 247–249.
2. *Голова Т. Г.* Создание исходного материала при селекции ярового ячменя на неполегаемость и продуктивность в условиях Центрально-Черноземной полосы: Автореф. дис. … канд. с.-х. наук / Т. Г. Голова. Немчиновка, 1992. 23 с.
3. *Джиед Х.* Особенности анатомического строения стебля сортов яровой мягкой пшеницы разных лет селекции в Центральном регионе Нечерноземной зоны: Дис. … канд. биол. наук / Х. Джиед. М., 2006. 190 с.

4. *Заушинцена А. В.* Селекция ярового ячменя в условиях Кузнецкой котловины Западной Сибири: Автореф. дис. … д-ра биол. наук А. В. Заушинценой. Кемерово, 2001. 47 с.
5. *Ковригина Л. Н.* Морфоанатомические подходы в селекции ячменя на устойчивость к полеганию / Под ред. Л. К. Ковригиной // Реализация идей Н. И. Вавилова на современном этапе развития генетики, селекции и семеноводства с.-х. культур: Докл. и сообщ. X ген.-сел. шк., посвященной 120-летию Н. И. Вавилова. Новосибирск, 2007. С. 130–133.
6. *Ламан Н. А.* Биологический потенциал ячменя: Устойчивость к полеганию и продуктивность / Под ред. Н. А. Ламан, Н. Н. Стасенко, С. А. Каллер. Минск: Наука и техника, 1984. 216 с.
7. *Лукьянова И. В.* Анализ видовых и сортовых особенностей устойчивости стеблей злаковых культур к полеганию с учетом их физико-механических свойств и архитектоники для использования в селекции: Автореф. дис. … д-ра биол. наук И. В. Лукьяновой. Краснодар, 2008. 51 с.
8. *Саранчин Е. П.* Морфологические особенности побега, характер изменчивости и наследования признаков у короткостебельных сортов ячменя в связи с устойчивостью к полеганию: Автореф. дис. … канд. биол. наук Е. П. Саранчина. СПб., 2005. 21 с.
9. *Pinthus M. J.* Lodging in wheat, barley, and oats: the phenomen, its causes and preventive measures / M. J. Pinthus // Adv/in Agronomy, 1973. V. 25, XI. P. 209–263.
10. *Understanding* and reducing lodging in cereals / P. M. Berry, M. Sterling, J. H. Spink et al. // Advances in Agronomy. 2004. V. 84. P. 215–269.

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ КОЛЛЕКЦИИ ВНИИР В ПОВЫШЕНИИ АДАПТИВНОСТИ СОРТОВ ТРИТИКАЛЕ СЕЛЕКЦИИ КРАСНОДАРСКОГО НИИСХ ИМ. П.П. ЛУКЬЯНЕНКО

В. Я. Ковтуненко, В. Б. Тимофеев, Л. Ф. Дудка, В. В. Панченко
Краснодарский научно-исследовательский институт им. П. П. Лукьяненко, e-mail: Wheatdep@mail.ru

Резюме

По результатам комплексного изучения сортов тритикале в экологическом сортоиспытании выделены наиболее ценные из них в качестве генетических источников для создания нового селекционного материала, который станет основой выведения сортов тритикале, приспособленных к природным условиям Краснодарского края.

RESULTS OF ENVIRONMENTAL TESTING OF TRITICALE VARIETIES AT KRASNODAR LUKYANENKO RESEARCH INSTITUTE OF AGRICULTURE

V. Ya. Kovtunenko, V. B. Timofeev, L. F. Dudka, V. V. Panchenko
Krasnodar Lukyanenko Research Institute of Agriculture, e-mail: Wheatdep@mail.ru

Abstract

As a result of complex evaluation of triticale varieties studied in environmental testing nurseries, the most promising of them were selected for further use as genetic sources for developing new breeding material which will form the basis for creating triticale varieties well adapted to environmental conditions of Krasnodar region.

В решении обеспечения возрастающей потребности животноводства в высококачественных кормах, а населения в экологически чистых продуктах питания важным резервом является культура тритикале, сочетающая высокий потенциал продуктивности пшеницы с высокими адаптивными свойствами ржи.

Однако расширению производства тритикале в Краснодарском крае препятствуют не решенные селекционно-генетические проблемы: пониженная фертильность, склонность к полеганию, прорастание в колосе, нестабильность продуктивности, недостаточная устойчивость к болезням.

В этой связи дальнейшее изучение коллекционного материала по культуре тритикале из мировой коллекции ВНИИР им. Н.И. Вавилова и других научных учреждений, выявление источников и доноров хозяйственно ценных признаков и свойств для селекции в условиях Краснодарского края имеет актуальное значение.

С 1975 года по 2008 год нами было изучено 1925 образцов, в том числе озимой тритикале – 1179, яровой– 654, озимой ржи – 92 образца. По происхождению коллекция тритикале, используемая нами в селекционном процессе, представляет следующее процентное соотношение сортов и линий селекционных учреждений различных стран: из России 52%, Мексики 15%, Украины 11%, Польши 8%, Чехии 6%, Белоруссии 4%.

При изучении коллекционного материала нами выделены наиболее эффективные источники основных признаков (табл. 1):

-комплекс хозяйственно ценных признаков: АДМ-8, АДП-2(Украина), Дон, зерновые скороспелые ТИ-17, Каприз, Воронежская 9/98 (Россия), Newton(Франция), яровые тритикале: Triticale L-1, Triticale L-3 (Аргентина), тритикале-двуручки Antuco, Calbuko, Tolchuaco, Longuimay (Чили), рожь-двуручка Haruichiban, яровые тритикале Rycducks, Ryekko (Япония), Fahad 5, Fahad 6 (Мексика);

-зерновая продуктивность и выполненность зерновки: АД-206, АД-60, Дар Беларуси, Presto, SG-U 88/9, Дуплет, Виктория;

-высокая морозостойкость: Ставропольский 1, АД-206, Цекад 90. АДП -2, Шанс;

-устойчивость к весенним заморозкам: Корнет, Бард, Дон, Лидер, Antuco, Tolchuako, Calbuco;

-короткостебельность: ТИ-17, ПРАГ 48/6, АД-60, Хонгор, К 119;

-скороспелость: Перун, АД-60, Каприз, Antuco, Tolchuako;

-урожайность зелёной массы: Простор, Одесский кормовой, Аграф, Торнадо, Don Frank;

-устойчивость к бурой ржавчине: ПРАГ 415\2, Ника 5, Регион, Зимогор, Краковяк, TAPIR S/PET 7717; QUINE; YAGAN INTA; Triticale L-1;Triticale L-2, YAGAN INTA, QUINE, Triticale L-3, Tolchuako, Antuco.

Так как разные сорта обладают неодинаковой силой наследственной передачи своих признаков гибридам, мы стремимся, по возможности, объединить все положительные признаки разных экотипов в будущем сорте. Подбор пар на основе эколого-географического различия увеличивает вероятность успеха совмещения в гибриде комплекса хозяйственно-ценных признаков.

Таблица 1. Генофонд родов *Triticosecale* Witt., *Triticum aestivum* L., *Secale* L., использованный в селекции тритикале КНИИСХ 1975-2008 гг.

Признаки	Источники
Высокая зерновая продуктивность и выполненность зерновки	Озимые тритикале: АД-206, АД-60, ТИ-17, Presto, Grado, Дар Белоруси, Г-2141-2,АДП-2, Зимогор, АДМ-8,Мыхась, Регион, АДМ-13, Полесский 10, Modus, Корнет, SG-U 88/91, SG-U-242, яровые тритикале: Rosner, Welsh, Beagnolite, Faro "S"; озимая мягкая пшеница: Русалка, Безостая 1, Партизанка, Половчанка, Победа 50, Подарок Дону, Краснодарская 99,Экспромт Шарада, Уманка.
Высокая морозостойкость	Озимые тритикале: Ставропольский 1, АД-206, Простор, Одесский кормовой, № 521, АДП-2, Цекад 90, Шанс, Мудрец, Бард,Каприз,Легион.; озимая рожь Восход 2, Альфа,Pikasso,Haruichiban (рожь-двуручка).
Короткостебельность	Озимые тритикале: Atri 6980/6971, Szalkas, B-241-A1-R-71, Перун, ТИ-17, LT 332/76, Clervix, ПРАГ 48/6, АД-60, SV 90240, АДМ-11; К-119, озимая рожь: Камалинская 133 х ЕМ-1,Орловский гибрид 2 х ЕМ-1, Альфа карликовая; озимая мягкая пшеница: Спартанка, Скифянка,Крошка.

Скороспелость	Озимые тритикале: 2449-1F, Перун, АД-60, ТИ-17, Каприз, Presto; яровые тритикале: Mustang, Armadillo, Beagnolite, Fahad 5; Ярило, 96-136Т-29, тритикале-двуручки: Tolchuaco, Antuco; озимая мягкая пшеница: Рубин, Леда, Обрий, 1910h16, Haruichiban (рожь-двуручка)
Высокая урожайность зеленой массы	Озимые тритикале: Простор, Одесский кормовой, СДСХОС 17982, Виктор, Двуручка 77, Аллегро, Аграф, Торнадо, АД Масловский, Гренадёр, Don Frank.
Комплексная устойчивость к грибным болезням	Озимые тритикале: АД Масловский, АД 44, Блик 81, Никлап, Зимогор, Дон, Dagro, Boreas, Porcifen, Binova, Calao Яровые тритикале: Rycducks, Ryekko.
Устойчивость к бурой ржавчине	Озимые тритикале: Ника 5,Никон, ПРАГ 415/2, Кентавр, Регион, Витон, Краковяк, ПРАГ198, Водолей, Торнадо, 20669/98, Полюс 90, Стрельна 11. Яровые тритикале: TAPIR S/PET 7717, QUINE, Triticale L-1, Triticale L-2, YAGAN INTA

В своей селекционной программе мы широко применяем принцип скрещиваний по типу «сериалов», когда с выбранной родительской формой проводится скрещивание с несколькими (до десяти и более) компонентами скрещиваний, различающихся по происхождению и наличию требуемых признаков и свойств (табл. 2).

Таблица 2. Принцип «сериалов» во внутривидовых скрещиваниях, 2008 г.

♀ материнская форма	♂отцовская форма	
	Сорт	Положительные признаки
97-67т70 Положительные признаки: устойчивость к полеганию, высокая морозостойкость, устойчивость к ржавчинам и фузариозу колоса. Отрицательные признаки: низкая продуктивность	Валентин	Продуктивность, хлебопекарные качество зерна, иммунитет к бурой ржавчине
	Прорыв	Продуктивность, выполненность зерна
	Брат	Высокая озерненность, иммунитет
	Мудрец	Высокая морозостойкость, короткостебельность,
	Консул	Иммунитет, устойчивость к полеганию
	Бард	Продуктивность, морозостойкость
	К – 119	Короткостебельность
	ПРАГ 415/2	Иммунитет устойчивость к полеганию
	Витон	Озерненность колоса, среднерослость
	SG-U 242	Продуктивность, иммунитет
	Михась	Скороспелость, продуктивность
	АДМ–14	Морозостойкость, М1000 зерен
	Porcifen	Устойчивость к полеганию
	Pinokkio	Иммунитет, устойчивость к полеганию
	Цекад 90	Высокая морозостойкость, хлебопекарные качества зерна
	Хонгор	Засухоустойчивость, короткостебельность
	Ярило	Яровость, иммунитет, продуктивность.

В Краснодарском крае также на сегодняшний день возникает потребность и в сортах яровой тритикале, поскольку поля после поздних пропашных культур не всегда с осени готовы к посеву озимых зерновых. Второе направление использования яровой тритикале – в качестве страховой культуры в годы с суровыми зимами, когда встает вопрос о пересеве озимых. Примером может быть зима 2002 – 2003 гг., когда в северных районах края вымерзло до 90 % озимого ячменя.

Яровая тритикале представляет несомненный интерес для производства, как культура стабилизирующая вал продовольственного и фуражного зерна. Еще большее значение яровая тритикале имеет в селекции озимой тритикале как источник хозяйственно ценных и важных биологических признаков: устойчивость к некоторым болезням, продуктивность, интенсивность отрастания, скороспелость, вымолачиваемость и качество зерна. Подтверждением этому является высокозимостойкий сорт - двуручка Валентин 90, полученный с участием яровой тритикале НАД- 10 харьковской селекции, обладающий повышенной зерновой продуктивностью, иммунитетом и отличными хлебопекарными качествами.

В 2005-2007 гг. в экологическом испытании по яровой тритикале изучались сорта: Дагво, Укро, Валентин 90, ПРАГ 418/2, Золотой гребешок (Россия), Виктория, Микола (Украина), Crato (Португалия), AC Frank, AC Copia (Канада),ACME (Германия), Trik (Франция). В 2007 году этот список пополнился еще девятью образцами: Инесса (Белоруссия), Хлібодар харьковский (Украина), Taurus (Великобритания), МХ-13, МХ-16, МХ-23, МХ-24, МХ-30, МХ-38 (Мексика).

В результате трехлетнего изучения урожайность зерна выше стандартного сорта Укро (50,7 ц с 1 га) сформировали: Trik, ACME, Frank, Валентин 90, Crato, AC Copia, Виктория. Превышение составило от 2,8 до 8,7 ц с 1 га. Наивысшая урожайность в опыте была у сорта французской селекции Trik (59,4ц). Отрицательным свойством этого сорта является позднеспелость. Он колосится на неделю позже стандарта (табл. 3).

Таблица 3. Характеристика коллекционных образцов яровой тритикале мировой селекции, ЭСИ, КНИИСХ, 2005 - 2007 гг.

Сорт	Урожайность, ц с 1 га	Высота, см	Устойчивость к полеганию, балл	Колошение, май -июнь
Укро, ст.	50,7	120	4	27
Дагво	46,3	110	4	31
Валентин 90	56,4	100	6	1
ПРАГ 418/2	48,9	112	8	30
Зол. гребешок	45,2	105	8	26
Виктория	53,5	105	7	24
Микола	47,2	92	8	28
Crato	55,5	95	8	28
AC Frank	57,0	100	6	28
AC Copia	54,0	110	5	28
ACME	57,6	108	6	28
Trik	59,4	100	9	2

Урожайность сортов пополнивших коллекцию в 2006 году была выше стандартного сорта Укро на 1,8-9,2 ц с 1 га. В оба года изучения, и особенно в 2007 году в условиях длительной засухи в период вегетации особо выделились сорта: Taurus, МХ-13, МХ-38 превысив стандарт до 8,2 ц с 1 га. Эти образцы наряду с продуктивностью обладают высокой устойчивостью к полеганию (7-9 баллов). Недостатком сорта Taurus является позднеспелость, а также сильно морщинистое зерно (табл. 4).

Таблица 4. Характеристика коллекционных образцов яровой тритикале мировой селекции, ЭСИ, КНИИСХ, 2006 - 2007 гг.

Сорт	Урожайность, ц с 1 га	Высота, см	Устойчивость к полеганию, балл	Колошение, май - июнь
Укро	44,5	120	4	27
Инесса	46,3	115	3	30
Хлібодар харьковский	48,1	105	5	1

Taurus	53,0	110	9	4
МХ-9	42,8	104	7	28
МХ-13	53,7	98	8	27
МХ-16	48,4	105	6	27
МХ-23	49,1	103	7	24
МХ-24	49,1	93	5	29
МХ-30	47,9	95	8	28
МХ-38	52,2	92	7	30

Высота растений у изучаемых сортов колебалась от 90 до 120 см. Наиболее высокорослыми были Укро (120), Инесса (115), ПРАГ 418/2 (112см), низкорослыми: Микола (92), МХ-38 (92), МХ-24 (93), МХ-30 (95) и Crato (95см). В 2006 году в условиях достаточного увлажнения удалось оценить коллекцию по устойчивости к полеганию. Большинство изучаемых образцов за исключением АС Copia, Инессы, Укро, Хлібодара харьковского, Дагво и МХ-24 имели среднюю и высокую устойчивость к полеганию. Неустойчивыми в основном оказались образцы с высотой соломины 110 см и выше (табл. 1, 2). Изучаемый материал по скороспелости варьировал в широком диапазоне. Разница между сортами в фазу колошения составила до 10 дней. В результате изучения коллекции по этому признаку удалось выделить два скороспелых сорта: Виктория и МХ-23. Кроме этого они обладают высокой продуктивностью и имеют хорошо выполненное натурное зерно. Мы используем их в качестве источников скороспелости для сокращения периода вегетации.

Особое значение в селекции имеют образцы с крупным стекловидным натурным зерном. Зерно изучаемых сортов яровой тритикале различалось по качественным показателям. Натура зерна колебалась от 648 до742 г/л. Наибольший показатель натуры имели Золотой гребешок (742г/л), МХ-13 (740), МХ-23 (736), Микола (720), Crato (726), МХ-38 (726). По массе 1000 зерен выделяются Укро (45,9), Золотой гребешок (44,6), Виктория (44,3), АСМЕ (45,0), Хлібодар харьковский (46,3), МХ-23 (45,5), МХ-30 (46,9). (табл. 3).

Таблица 5. Качество зерна сортов яровой тритикале мировой селекции, КНИИСХ, 2006 - 2007 гг.

Сорт	Натура, г/л	Масса 1000 зерен, г	Кол-во белка, %	Содержание сырой клейковины, %	ИДК, ед. пр.	Объем хлеба, $см^3$	ОХО, балл
Укро	704	45,9	14,4	30,2	84	550	3,2
Дагво	648	37,5	14,0	25,7	96	420	2,4
Валентин 90	670	42,5	13,9	26,8	66	570	4,0
ПРАГ 418/2	692	37,6	14,7	33,9	95	510	3,4
Золотой Гребешок	742	44,6	14,8	27,3	88	490	2,9
Виктория	700	44,3	13,7	26,4	90	520	3,2
Микола	720	40,3	14,3	28,9	94	450	2,4
Crato	726	40,0	14,2	27,0	96	380	1,9
AC Frank	694	40,4	14,5	22,0	91	435	2,6
AC Copia	718	43,9	14,2	25,8	95	400	2,1
ACME	710	45,0	14,4	31,2	76	405	2,2
Trik	674	41,1	13,6	23,3	68	555	3,4
Инесса	690	44,1	14,2	29,6	95	440	2,6

Сорт	Натура, г/л	Масса 1000 зерен, г	Кол-во белка, %	Содержание сырой клейковины, %	ИДК, ед. пр.	Объем хлеба, $см^3$	ОХО, балл
Хлібодар харьковский	686	46,3	14,2	31,2	76	530	3,7
Taurus	654	40,4	14,3	29,1	98	460	3,3
МХ-13	740	40,5	12,6	20,4	91	410	2,4
МХ-16	728	40,1	14,7	30,6	108	380	2,4
МХ-23	736	45,5	16,0	36,1	107	380	2,2
МХ-24	710	38,9	15,3	34,5	104	370	2,1
МХ-30	720	46,9	13,7	31,8	104	380	2,4
МХ-38	726	41,9	15,5	35,5	101	400	2,3

По содержанию белка в зерне следует отметить мексиканские образцы МХ-23, МХ-24, МХ-38, накапливающие соответственно 16, 15,3, 15,5%. В то же время в группе мексиканских линий образец МХ-13 накапливает 12,6% белка. Остальные имеют этот показатель на уровне 14-14,5%.

Изучаемые образцы накапливали от 20,4 до 36,1% сырой клейковины. По этому показателю можно отметить МХ-23, МХ-24, МХ-38 формирующие соответственно 36,1, 34,5, 35,5% клейковины, однако качество её неудовлетворительно слабое и относится к 3 группе. Основная масса изучаемых сортов имела клейковину 2 группы качества. В коллекции можно выделить сорта с высоким содержанием клейковины первой группы и хорошими хлебопекарными свойствами. По общей хлебопекарной оценке выделились Валентин 90, Хлібодар харьковский. Они способны формировать хлеб объемом до 600-660 $см^3$ с оценкой свыше 4 баллов и хорошими вкусовыми качествами. Неплохой хлеб имели также Укро, ПРАГ 418/2, Виктория, Trik, Taurus, формирующие объём хлеба 500-550 $см^3$ с оценкой 3-3,5 баллов.

Заключение

Таким образом, на основании изучения коллекции ВНИИР им. Н.И.Вавилова озимой и яровой тритикале разного эколого-географического происхождения выделены образцы наиболее адаптированные к условиям Краснодарского края с ценными хозяйственно – биологическими признаками. Они служат донорами и источниками ценных признаков в нашей селекционной программе.

Литература

1. *Гриб С.И., Кулинкович С.Н.* Проблемы и задачи в селекции ярового тритикале и источники хозяйственно – ценных признаков. //Сб. ст. научных сотрудников и аспирантов Бел НИИЗК.- Минск, 2001.-С.148-155
2. *Гриб С.И., Буштевич В.Н., Булавина Т.М., и др.* Особенности формирования урожайности зерна различными сортами ярового тритикале.// Проблемы и пути повышения эффективности растениеводства в Беларуси. Минск 2007г. С.72-75
3. *Рябчун В.К.* Создание и селекционное улучшение яровых тритикале.- В сб.: Селекция и семеноводство., Киев, Урожай, 1983, вып.54, с.26-30
4. *Сечняк А.К., Сулима Ю.Г* Тритикале- М.: Колос, 1984.-317 с.
5. *Грабовец А.И., Крохмаль А.В., Чеканова Н.А.* Особенности селекции гексаплоидного тритикале в условиях среднего Дона и некоторые итоги. // Генетика и селекция растений на Дону // вып. 3, Ростов-на-Дону 2003 г. с 107-125.
6. *Мережко А.Ф.* Исходный материал для селекции яровой тритикале на скороспелость. Тези доповідей міжнародной науково-практичной конфуренції. Харьков 2005г. С. 22-23.

ОСОБЕННОСТИ ФОРМИРОВАНИЯ ИСХОДНОГО МАТЕРИАЛА ДЛЯ СЕЛЕКЦИИ КОРМОВЫХ ТРАВ

Н. Н. Козлов, В. Л. Коровина, И. А. Клименко, М. А. Макаренков, Н. С. Малюженец, В. А. Трухан, А. А. Гулевич, Т. Н. Комкова
Всероссийский научно-исследовательский институт кормов им. В. Р. Вильямса, Московская обл., Россия, e-mail: nnkozlov@rambler.ru

Резюме

Эффективное использование природного разнообразия кормовых трав, создание математических моделей экологически адаптированных идеатипов перспективных сортов, локализация культигенов на основе ДНК полиморфизма и их трансгеноз в культурные формы определяют успех современных селекционных программ.

FEATURES OF GENETIC RESOURCE FORMATION FOR FORAGE CROPS BREEDING

N. N. Kozlov, V. L. Korovina, I. A. Klimenko, M. A. Makarenkov, N. S. Maliujenets, V. A. Trukhan, A. A. Gulevich, T. N. Komkova
All-Russian Williams Fodder Research Institute, Moscow, Russia, e-mail: nnkozlov@rambler.ru

Abstract

Effective use of natural diversity of forage grasses, the creation of mathematical models of adapted varieties, localization cultigens on the DNA polymorphism basis and its transgenosis in cultural forms is a determinant in the success of modern breeding programs.

Кормовые травы издревле являются важнейшим источником высококачественного корма для животных. Но их селекция в Центральном регионе РФ имеет целый ряд специфических особенностей, отличных от большинства культурных растений. Прежде всего это совместный ареал произрастания дикорастущих и культурных форм, что накладывает свой отпечаток на определение направлений селекции и формирование исходного материала.

В течение длительного периода природное разнообразие кормовых трав представляло основной объект интродукции и научно-творческой деятельности народонаселения, служило для производства новых местных сортов. По данным А. Л. Тахтаджана [11], мировое фиторазнообразие насчитывает около 250 тыс. видов с богатейшим внутривидовым разнообразием – совокупностью подвидов, географических (климатических), эдафических, пастбищных, фитоценотических экотипов и биотипов, которое обусловлено большой пестротой зонально-экологических и биогеоценологических условий. Оно формировалось с момента появления первых полимерных цепочек ДНК и РНК на базе спонтанных мутаций и рекомбинаций при наличии физико-географического градиента и в течение многих миллионов лет – как результат дивергентной эволюции [13].

Для более эффективного использования природного источника исходного материала появилась необходимость в экологической привязке существующего богатства растительных форм, так как селекционер концентрирует свое внимание на создании растительных организмов, которые эффективнее других реагируют на агроклиматические условия сельскохозяйственного производства в данном регионе. В связи с этим целый ряд исследователей пытались систематизировать и классифицировать это разнообразие на основе приуроченности его к месту обитания, т. е. потребности в освещении, тепле и влажности, а также устойчивости к повышенной концентрации соли в почве, кислотности почвы и другим условиям внешней среды. Одну из первых попыток изучения приуроченности видов к определенным условиям среды в начале прошлого века предприняли F. E. Clements [14] и G. Turesson [15]. Позднее это нашло отражение в наиболее крупном обобщении раннего

периода – теории климатических аналогов Э. Майра [4]. В качестве важного дополнения к этим исследованиям Е. Н. Синской [9] было показано, что каждый экотип представляет собой относительно сложную популяцию, т. е. комплекс генотипов, которые характеризуются лишь некоторыми общими признаками. Эти общие признаки сформировались в результате микроэволюционного процесса и имеют важный адаптивный характер.

В 20-х годах прошлого столетия формулируется экологическая концепция жизненных форм, где группа растений выделяется независимо от систематической принадлежности морфологического облика, только на основании общности морфологических свойств. Крупный вклад в развитие этого направления внес Л. Г. Раменский [6], разработавший количественные методы оценки экологических возможностей растений по отношению к основным природным факторам. На основании анализа распределения растений вдоль основных климатических и эдафических градиентов он пришел к важному обобщению о непрерывности растительного покрова и экологической индивидуальности отдельных видов. Впоследствии этот принцип был развит в работах Р. Уиттекера [12] и послужил основой для создания шкал устойчивости растений к основным экологическим факторам.

Изучение и классификация природной изменчивости привели Н. И. Вавилова [1] к созданию таких постулатов, как центры происхождения культурных растений и гомологичной изменчивости внутри видов, до настоящего времени служащих важнейшими ориентирами при работе с генофондом кормовых растений. Центры происхождения культурных растений имеют большое значение для генетиков и селекционеров, поскольку в них исторически складывался структурный генофонд видов с большим числом генетически доминантных признаков. Для культурных кормовых растений, традиционных для нашей страны, только два очага характеризуются эндемичными видами, а именно: Переднеазиатский и Средиземноморский, давшие начало ряду таких хозяйственно ценных видов, как люцерна, клевер, вика, сераделла, чина и др. Европейско-Сибирскому генцентру ведущая роль отводится в селектировании многих возделываемых видов и дифференцированному отбору внутри видовых высококультурных биотипов. Здесь в диком состоянии обитают ценнейшие кормовые растения: экотипы и популяции клевера лугового, тимофеевки луговой, люцерны, ежи сборной, лисохвоста и др.

Опираясь на эту научно-теоретическую базу, созданную нашими великими предшественниками, во многих странах мира научные исследования были направлены на широкую мобилизацию растительных ресурсов и создание генетических банков. В США, Австралии, Мексике, Японии и целом ряде других стран организованы мощные научные центры по сбору, хранению и интенсивному использованию широкого разнообразия культурных и дикорастущих растений в различных отраслях народного хозяйства. В Российской Федерации только в коллекциях Всероссийского научно-исследовательского института растениеводства им. Н. И. Вавилова (28 тыс. единиц хранения) и Всероссийского научно-исследовательского института кормов им. В. Р. Вильямса (6 тыс. единиц хранения), поддерживается около 34 тыс. образцов кормовых растений из различных климатических зон земного шара.

Исследовательские работы по мобилизации генетических ресурсов кормовых растений с целью вовлечения в селекционный процесс продолжаются. Для изучения дикорастущих кормовых растений и пополнения коллекций оригинальными образцами ВНИИ кормов совместно с ВНИИ растениеводства было предпринято более 45 экспедиций в различные районы нашей страны. Экспедициями охватили обширные территории Дальнего Востока, Западной Сибири, Урала, Казахстана, Поволжья, Северного Кавказа, Киргизии, Азербайджана, Грузии, Армении, Украины, Архангельской и Вологодской областей, Кольского п-ва. В результате обследовано свыше 600 000 га, собрано более 6 тыс. образцов семян дикорастущих трав, обнаружены ценные формы люцерны, клевера, донника, эспарцета, костреца, лисохвоста, житняка, пырея, а также целый ряд эндемичных видов.

Перед экспедициями ставилась задача не только изучения и выявления ценных массивов кормовых трав, но и сбора семян и внедрения их в производство в качестве местных сортов.

Эта титаническая работа имела большое народнохозяйственное значение. С использованием дикорастущих видов и местных популяций в нашей стране выведено более 50 сортов люцерны, 92 – клевера лугового, 23 – эспарцета, 46 – тимофеевки луговой, 20 – овсяницы луговой, 15 – житняка и т. д. Это специфика такой отрасли сельскохозяйственного производства как кормопроизводство [7].

Несмотря на огромную важность эколого-генетических исследований наших предшественников и эволюционного учения, пронизывающего всю современную селекционную науку, селекция, по существу, все же есть "вмешательство человека в формообразование животных и растений: другими словами, *селекция представляет собой эволюцию, направляемую волей человека*" [1]. Правильно и ответственно понимать это сейчас особенно важно, так как около трети населения Земли уже сейчас недоедает или голодает. Это требует существенного и стабильного увеличения продуктивности основных сельскохозяйственных культур на основе дальнейшего развития теории формообразовательного процесса растительного мира и его эффективного использования в повышении производства продуктов питания. Тем более, что генетический потенциал продуктивности C_3-растений при постоянной среднесуточной температуре в течение всего периода вегетации на уровне 17–18°С может достигнуть 50–60 т/га$^{-1}$ сухого вещества, а C_4 растений в тропической зоне – может превышать 100 т/га$^{-1}$ [5]. Это на порядок выше, чем средняя продуктивность культурных растений в настоящее время.

Селекционеры сегодня являются одним из основных факторов эволюции культурных растений. Совместно с физиологами и генетиками они должны сформировать свою разумную концепцию эволюции культурных видов вообще и кормовых трав в частности. В первую очередь данная концепция должна учитывать экологическую и продовольственную безопасность народонаселения, а также стабильность в отношении количественных и качественных элементов продуктивности культурных растений. Нет сомнения, что все эти показатели, с точки зрения генетики, очень сложны и представляют огромную трудность для практической реализации. Вместе с тем современный уровень развития науки предоставляет в наше распоряжение ряд важных опций, которые позволяют надеяться на успешное решение части этих задач в ближайшем будущем.

Одной из важнейших опций для повышения эффективности селекционного процесса является компьютеризация всех этапов исследований. Компьютеризация позволяет не только сформировать интегрированный банк данных результатов исследований, но и провести с использованием современного математического аппарата многофакторный анализ, отражающий взаимодействие "генотип–среда", как со стороны всего разнообразия условий внешней среды, так и со стороны генотипа, экотипа, вида в отношении проявления индивидуального и популяционного (генетического) гомеостаза. Важной выходной продукцией при этом явилась бы интегрированная математическая модель распределения видов, экотипов и сортов культурных растений вдоль градиента изменения основных агроклиматических условий. Это позволит более целенаправленно подходить к сбору генофонда, с высокой точностью определяя места произрастания необходимого материала.

Важным результатом компьютеризации явилось создание модели (идеатипа) перспективных сортов, соответствующих агроклиматическим условиям и требованиям производства. Отсутствие научно обоснованных сведений о параметрах перспективных сортов сегодня самое узкое место в селекционных программах по кормовым культурам, так как неясно, какой исходный материал необходимо подбирать и какую систему признаков и свойств надо изучать в коллекционных питомниках, чтобы получить объективную информацию о селекционных ценностях образцов. Неясно и по каким критериям осуществлять подбор пар для скрещивания, какой из методов отбора будет наиболее эффективен, и в каких агроклиматических условиях будет иметь преимущество тот или иной образец. Особую значимость для решения этих проблем имеют математические модели с формализованным описанием механизмов роста, развития и формирования урожая. Такая формализация позволяет проводить математические расчеты и из множества вариантов

выбрать наиболее целесообразное направление селекции и количественное выражение соотношения экспрессии признаков.

С другой стороны, наиболее популярным исходным материалом в настоящий период стали инорайонные сорта, уже широко используемые в сельскохозяйственном производстве. Селекционеры, таким образом, пытаются вовлечь в свои программы апробированный материал, отталкиваясь в работе от уже достигнутого уровня продуктивности и экологической устойчивости, а с помощью источников и доноров – исправить те признаки и свойства районированных сортов, которые пока еще существенно снижали их продуктивность и кормовые достоинства. Это приводит к тому, что современный сорт конкретной культуры по своему морфофизиологическому облику становится все менее и менее похож на природный экотип, характерный для данной местности. В этой связи возникает вопрос оценки риска, т. е. до каких пределов это возможно без серьезной опасности для стабильного производства кормов. А с помощью математического моделирования, мы надеемся, в определенной степени он будет разрешен.

Более того, чтобы успешно двигаться в деле повышения продуктивности, качества корма и экологической стабильности природной изменчивости внутри культурных видов оказалось явно недостаточно, и стал проявляться так называемый “генетический голод”. Более того, сцепление признаков между собой, которое эволюционно в течение огромного количества поколений выработалось у видов, не позволяет создавать исходный материал, сочетающий скороспелость, продуктивность и экологическую пластичность. Поэтому для создания широкого спектра генетической изменчивости наряду с разными видами отбора в эпоху современной синтетической селекции стали использовать внутривидовую и отдаленную гибридизацию, физический и химический мутагенез, а также искусственные генетические конструкции.

Во второй половине прошлого столетия широким фронтом начались исследования молекулярных основ наследственности. В результате генетика постепенно становилась молекулярной наукой, последовательно вскрывающей наиболее важную информацию о структуре ДНК, о различных клеточных процессах, протекающих с участием ДНК (репликации, репарации и рекомбинации), об основных механизмах транскрипции, трансляции и контроле экспрессии генов. Это позволило разработать несколько простых и доступных для широкого использования методов изучения структуры ДНК, а также переноса ее из одного растительного объекта в другой [8]. Применение этих методов в селекционно-генетической практике дало возможность создать генетические конструкции, предназначенные для трансгеноза и посттранскрипционного молчания, а также проводить ДНК-маркирование селекционно-ценных признаков и свойств. Таким образом, теоретическая и инструментальная базы современной селекции позволяют уже сейчас вести аллельную селекцию кормовых растений. Указанные обстоятельства требуют создания исходного материала, необходимого для решения задач этого нового направления. Поэтому современная структура генофонда, помимо традиционной фенетической коллекции, стала включать генетическую коллекцию с ДНК-конструкциями, необходимыми для трансгеноза, посттранскрипционного молчания, а также формами с ДНК-маркированными признаками и свойствами. Впервые в истории селекционер стал работать с исходным материалом, который характеризовался не только по фенотипу, но и по нуклеотидной последовательности ДНК-непосредственному носителю наследственной изменчивости.

Вместе с тем, с расширением использования ДНК-технологий, мы столкнулись с проблемами, характерными для генетики количественных признаков: сложным генетическим контролем основных селекционно-ценных признаков и малыми фенотипическими эффектами аллелей. Насколько это серьезно, можно проиллюстрировать на примере селекции на повышение содержания белка, одного из важнейших источников питания. Белок – это богатейшая смесь ферментов, функционирующих в период уборки урожая или уже инактивированных и перешедших в разряд запасных, с выполнением второстепенных функций. Если учесть, что количество белков примерно соответствует количеству генов,

обеспечивающих жизнеспособность организма, то у растений их более 30 тыс. Поэтому индивидуальный эффект данных генов очень мал, и успешно вести селекционно-генетическую работу с таким огромным количеством белков/генов затруднительно даже самыми современными методами. Прежде всего, чтобы разобраться в этом огромном количестве белков, необходимы современные методы их анализа. В настоящее время наиболее точным методом идентификации белков и их количественной оценки является жидкостная хроматография – достаточно сложный метод, требующий очень высокой степени квалификации кадров и больших финансовых затрат.

Определенные перспективы в решении проблемы селекции на белковость имеет выделение природных или создание искусственных генетических конструкций, производящих запасные белки, с последующим их трансгенозом в перспективный исходный материал. Конечно, в этом случае очень остро встанет вопрос экологической безопасности таких белков, а также изучение их биологической ценности как компонента питания.

Таким образом, теория современной селекции рассматривает вопрос исходного материала как отправную точку селекционной программы, успешное решение которого во многом определяет ее успех. Сегодня остро стоит вопрос о формировании и систематизации фиторазнообразия, отражающего не только совокупность природного фенетического полиморфизма и его распределение вдоль эколого-географического градиента, но и на основе математических моделей идеатипов и локализации культигенов, определяющих продуктивность, кормовые достоинства, индивидуальный и генетический гомеостаз, а также широкого использования современных методов, основанных на ДНК-технологиях, для выявления и интрогрессии генетического материала.

Литература

1. *Вавилов Н. И.* Избр. соч. // Ген. и сел. М.: Колос, 1966. 559 с.
2. *Григорьев Н. Г., Волков Н. П., Воробьев Е. С. и др.* Биологическая полноценность кормов. М.: Агропромиздат, 1989. 288 с.
3. *Козлов Н. Н. Прибыткова Т. Ф.* Варьирование, взаимосвязь и комбинационная способность сортообразцов клевера лугового по содержанию сырого белка // Новые методы сел. и создание адаптивных сортов с.-х. культ.: результаты и перспективы. Киров, 1998. С. 195–197.
4. *Майр Э.* Популяции, виды и эволюция. М., Мир, 1974. 460 с.
5. *Образцов А. С.* Потенциальная продуктивность культ. раст. М.: ФГНУ «Росинформагротех», 2001. 504 с.
6. *Раменский Л. Г.* Введение в комплексное почвенно-геоботаническое исследование земель. М., 1938. 620 с.
7. *Рубцов М. И. Яртиев А. Г.* Генетический фонд кормовых культур и использование его в селекции // Кормопроизводство. 1976. Вып. 13.
8. *Сингер М., Берг П.* Гены и геномы. М.: Мир, 1998. Т. 1. 373 с.
9. *Синская Е.Н.* Динамика вида. М.-Л., 1948. 526 с.
10. *Смурыгин М. А., Козлов Н. Н., Фатеев В. П.* Расчет скороспелости сортов клевера лугового для условий Центрального региона Нечерноземной зоны РСФСР // С.-х. биол. 1985. № 7. С. 11–13.
11. *Тахтаджян А. Л.* Флористические области земли. Л.: Наука, 1978.
12. *Уиттекер Р Х.* Сообщества и экосистемы. М.: Прогресс, 1980. 327 с.
13. *Шмальгаузен И. И.* Пути и закономерности эволюционного процесса. М.: Наука, 1983. 360 с.
14. *Clements F. E.* An ecological view of the species concept // Amer. Nat. 1908. Vol. 42. 253 p.
15. *Turesson G.* The genotypical response of the plant species to the habitat // Hereditas. 1922. Vol. 3. P. 211–350.

ПРОДОЛЖИТЕЛЬНОСТЬ ЮВЕНИЛЬНОГО ПЕРИОДА И ПРОДУКТИВНОСТЬ ГИБРИДНЫХ СЕЯНЦЕВ ЯБЛОНИ РАЗЛИЧНОГО ГЕНЕТИЧЕСКОГО ПРОИСХОЖДЕНИЯ

З. А. Козловская, В. В. Васеха
РУП «Институт плодоводства» НАН Беларуси, Самохваловичи, Беларусь, e-mail: zoya-kozlovskaya@tut.by; witalij_waseha@tut.by

Резюме

В работе показана эффективность использования исходных форм яблони различного генетического происхождения в селекции на скороплодность. Включение в скрещивания потомков F1 – F5 от видов яблони *M.* × *floribunda*, *M.* × *zumi* и *M. sieboldii* позволяет получать гибридные сеянцы с коротким ювенильным периодом. Наиболее результативными по выходу скороплодных сеянцев оказались комбинации с использованием в качестве родительских форм гибридов Н1255 (*M.* × *zumi*) и 25/175 (F1 *M. sieboldii*), корнесобственное потомство которых характеризовалось вступлением в плодоношение на пятый год жизни.

DURATION OF THE JUVENILE PERIOD AND PRODUCTIVITY OF APPLE HYBRIDS DEPENDING ON THEIR GENETIC ORIGIN

Z. A. Kazlouskaya, V. V. Vaseha
Institute for Fruit Growing of the NAS of Belarus, Samokhvalovitchy, Belarus, e-mail: zoya-kozlovskaya@tut.by; witalij_waseha@tut.by

Abstract

The article studies effective use of apple-tree source materials of various genetic origin in breeding for early fruiting. Inclusion of F1 – F5 forms of apple spp. *M.* Ч *zumi, M. sieboldii, M.* Ч *floribunda* makes it possible to produce hybrid seedlings with a short juvenile phase. The most successful in terms of early fruiting are combinations where hybrids H1255 (*M.* Ч *zumi*) and 25/175 (F1 *M. sieboldii*) were used as parents. Their own-root progeny is reported to start fruiting on the 5th year of life.

Введение

Важнейшим биологическим свойством сорта является его скороплодность [5, 8]. Возделывание скороплодных сортов позволяет покрывать затраты на закладку сада в самые короткие сроки [9]. Органогенез генеративных побегов яблони, в зависимости от происхождения растения и определенных внешних условий, может продолжаться от двух до четырех и даже пяти лет. Формирование зачатков будущих цветков происходит неодновременно, что впоследствии обуславливает их морфофизиологическую разнокачественность, а это в свою очередь существенно влияет на сроки вступления в плодоношение [2, 6, 7]. Срок вступления в плодоношение может варьировать от 3 до 12 лет [13]. Успех селекции на этот признак, прежде всего, определяется правильным подбором родительских пар.

Селекционная работа при создании нового исходного материала яблони в значительной степени определяется рациональным использованием генетических ресурсов [11]. Решение задач по созданию новых сортов плодовых культур во многом определяется наличием разнообразного исходного материала. Для получения сортов яблони с требуемыми признаками большое значение имеет генетический фонд рода *Malus* Mill. Дикорастущие виды яблони обладают большим разнообразием ценных признаков и свойств, в том числе и скороплодностью [1, 12]. Источниками скороплодности служат сорта и формы яблони, родословная которых имеет связь с видами *M. baccata, M. sieboldii* [9]. В данном направлении ценными источниками этого признака являются следующие дикие виды яблони: *M.*×*floribunda*, *M.*×*zumi*, *M* ×*prunifolia*; большой интерес в качестве источников скороплодности представляют некоторые формы яблони Сиверса. Некоторые сорта яблони домашней также успешно передают своему потомству скороплодность. Так, Э. В. Ваверова

[4] в своей работе показала, что при вовлечении в скрещивания сорта Пепин литовский в качестве материнской формы возможно получение потомства, вступающего в плодоношение на 5 – 6-м году жизни. При реализации селекционной программы 1980 – 1995 гг. с целью получения суперранних сортов яблони в Белорусском НИИ плодоводства были выделены гибриды от скрещиваний Папировка ×Клоз, Раннее сладкое ×Дискавери, отличающиеся высокой степенью плодоношения и скороплодностью (6-й год после посева) [10]. Исключительной скороплодностью и высоким потенциалом продуктивности выделяется вид *M.×zumi* [3, 4, 13]. Включение в скрещивания разнообразных диких видов яблони и их потомков позволит создать ценный исходный материал для получения высокорентабельных и продуктивных сортов.

Объекты, методы и условия исследований

Исследования проводились в селекционном саду РУП «Институт плодоводства». Объекты изучения – 231 корнесобственный сеянец яблони, полученный в результате 7 комбинаций скрещиваний в 1999 – 2000 гг., с привлечением в качестве исходных форм сортов и гибридов, производных от *M.×floribunda*, *M ×zumi* и *M sieboldii*, а также сортов яблони домашней (*M ×domestica*). Скороплодность корнесобственных гибридных сеянцев оценивалась согласно «Программе и методике селекции плодовых, ягодных и орехоплодных культур» (1995) [13].

Характеристика погодных условий вегетационных периодов 2006 – 2008 гг. составлена по данным агрометеорологической станции «Минск» (пос. Самохваловичи). Сложившиеся метеорологические условия можно охарактеризовать как благоприятные для роста сеянцев яблони. Преобладание умеренных положительных температур, достаточная влагообеспеченность и частое выпадение осадков способствовали оптимальному развитию гибридов. Незначительное понижение температуры в мае 2007 г. до – 1,7°С во время цветения яблони не оказало существенного влияния на завязываемость плодов у сеянцев. Однако заморозок -6,4°С в первой декаде мая 2008 г. вызвал подмерзания цветков у ряда исследуемых гибридов, что в свою очередь отразилось на степени их плодоношения.

Результаты исследований

Анализ скороплодности гибридного потомства показал, что среди исследуемых селекционных семей наиболее результативными по изучаемому признаку оказались комбинации 25/175 (F_1 *M. sieboldii*)×Эмпайр и Н1255 (F_3 *M ×zumi*)×Эмпайр, у которых 23 и 57% гибридных сеянцев соответственно вступили в плодоношение на 5-й год жизни (таблица). В гибридной семье 25/175 (F_1 *M sieboldii*)×Эмпайр хорошо прослеживается увеличение доли цветущих растений по годам жизни – с 23% (на 5-й год) до 83% (на 7-й год). В варианте, где в качестве одной из родительских форм использовался потомок от *M.×zumi*, уже на 6-й год жизни зацвели все 100% учетных гибридов, причем эта тенденция сохранилась и в следующем году. Несомненно, что значительное влияние на сокращение продолжительности ювенильного периода оказали генотипы видов *M. sieboldii* и *M ×zumi* с очень коротким ювенильным периодом. Хороший результат получен практически во всех вариантах скрещиваний, где в качестве отцовской формы использовались потомки 4 – 5-го поколений *M.×floribunda* – доля цветущих сеянцев на 6-й год жизни колебалась в пределах 6 – 16%. Только в семье Слава победителям×87-12/96 (Алкмене×ВМ41497) вступление в плодоношение у потомства отмечено на 7-й год. При сравнении гибридных комбинаций, где в качестве отцовской формы использовались потомки яблони обильноцветущей, а в качестве материнской формы один и тот же сорт Белорусское малиновое, установлено, что в варианте с использованием F_4 *M.×floribunda* на 6-й год наблюдалось цветение у 16% сеянцев, причем 14% от общего количества заплодоносило. При включении же в гибридизацию потомков 5-го поколения от яблони обильноцветущей, доля цветущих растений в зависимости от комбинации варьировала в пределах 6-14%, однако, доля заплодоносивших растений не превышала 9%. Из приведенных данных видно, что при использовании в качестве исходных

Таблица 1. Влияние генотипов различного происхождения на скороплодность и степень плодоношения гибридных сеянцев яблони

Гибридная семья	Коли-чест-во, шт.	Год скре-щива-ния	Генетическое происхождение		Доля цветущих сеянцев по годам, %			Степень плодоношения по годам в баллах, %					
			♀	♂	2006	2007	2008	2006		2007		2008	
								1 – 2	3 – 5	1 – 2	3 – 5	1 – 2	3 – 5
25/175 (F1 *M. sieboldii*) ×Эмпайр	65	2000	F1 *M. sieboldii*	*M.×domestica*	23	74	83	13	3	34	10	14	7
Белорусское малиновое ×Либерти	38	1999	*M.×domestica*	F4 *M.×floribunda*	16	77	87	14	0	56	11	40	21
Н1255×Эмпайр	16	2000	F3 *M.×zumi*	*M.×domestica*	57	100	100	50	7	32	50	19	44
Белорусское малиновое ×86-54/131	45	1999	*M.×domestica*	F5 *M.×floribunda*	14	58	31	3	0	23	3	16	3
Белорусское малиновое ×87-6/2	17	1999	*M.×domestica*	F5 *M.×floribunda*	6	77	100	6	0	53	0	24	12
Слава победителям×87-12/96	26	1999	*M.×domestica*	F5 *M.×floribunda*	0	58	81	0	0	47	0	27	4
Белорусское малиновое × (№ 2 Прима× 85-12/88)	24	1999	*M.×domestica*	F5 *M.×floribunda*	9	63	71	9	0	34	0	23	5

форм более отдаленных потомков *M ×floribunda* наблюдается снижение доли рано вступающих в плодоношение гибридов и удлинение ювенильного периода сеянцев яблони.

Наиболее продолжительным ювенильным периодом отличается потомство от скрещивания Слава победителям×87-12/96, в котором отсутствуют сеянцы, вступившие в плодоношение на 6-й год. Во всех вариантах с использованием потомков яблони обильноцветущей на 7-й год отмечено от 26 до 67% плодоносящих растений.

Определяющим показателем является степень плодоношения гибридного материала яблони. В целом, во всех вариантах скрещиваний прослеживается наращивание величины данного показателя: увеличение доли заплодоносивших растений по годам и ежегодное увеличение количества растений со степенью плодоношения 3 – 5 баллов. Из приведенных данных видно, что майский заморозок 2008 г. существенно снизил завязываемость плодов у сеянцев яблони. Тем не менее, в семье Белорусское малиновое×Либерти в 2008 г. отмечено наименьшее снижение доли плодоносящих растений – с 67 до 61%. Вероятно, более позднее цветение позволило «уйти» от повреждения морозом большинству гибридных сеянцев данной семьи. Необходимо отметить, что в комбинациях, где в качестве исходных форм использовались потомки видов *M. sieboldii* и *M., ×zumi*, повреждение морозом существенно повлияло на снижение степени плодоношения. Так, в семье 25/175 (F_1 *M. sieboldii*) ×Эмпайр в 2007 г. у 34% потомства отмечалась степень плодоношения в 1 – 2 балла, а у 10% – 3 – 5 баллов в 2008 г. 14% растений плодоносили на 1 – 2 балла, а степень плодоношения в 3 – 5 баллов отмечалась только у 7% гибридов; снижение доли плодоносящих гибридов составило 23%. В это же время весеннее понижение температуры до -6,4°С не привело к существенному снижению степени плодоношения гибридных сеянцев, полученных с участием F_4 – F_5 *M. ×floribunda*. Например, в семье Белорусское малиновое×Либерти снижение составило только 6%. Большой интерес представляют гибридные комбинации, в которых, даже с учетом повреждений генеративных органов (вызванных майским заморозком) наблюдается увеличение на 4–12% доли растений со степенью плодоношения 3 – 5 баллов. В гибридных популяциях Белорусское малиновое×Либерти, Белорусское малиновое×87-6/2 (72-17/89×ВМ41497), Слава победителям×87–12/96 и Белорусское малиновое× (№ 2 Прима×85-12/88) наблюдается ежегодное увеличение доли высокоурожайных гибридов. Данный факт можно объяснить устойчивостью потомства вышеназванных комбинаций скрещиваний к низким температурам во время прохождения фенологических фаз «розовый бутон – начало цветения» и «цветение». Это позволяет в свою очередь рассматривать полученные гибридные сеянцы не только с позиций скороплодности и стабильного увеличения степени плодоношения, но и как материал, из которого могут быть отобраны источники с устойчивостью к неблагоприятным условиям весеннего периода.

Заключение

Таким образом, включение в скрещивания потомков F1 – F5 от видов яблони *M sieboldii*, *M. ×zumi* и *M ×floribunda* приводит к сокращению ювенильного периода гибридных сеянцев.

Выход скороплодных сеянцев сокращается на 5-11% при использовании в качестве родительской формы потомков каждого последующего поколения, более отдаленного от исходного дикого вида яблони.

Наиболее результативными по выходу скороплодных сеянцев оказались комбинации с использованием в качестве родительских форм гибридов Н1255 (*M. ×zumi*) и 25/175 (F_1 *M. sieboldii*), корнесобственное потомство которых характеризовалось вступлением в плодоношение на 5-й год жизни.

Литература

1. *Барсукова О. Н.* Коллекция диких видов яблони – источник ценных форм для селекции // Проблемы формирования генетических коллекций плодовых, ягодных культур и перспективы их селекционного использования / Под ред. Н. И. Савельева. Матер. XXI Мичуринских чтений: ВНИИГиСПР им. И. В. Мичурина. 2002. С. 5 – 6.

2. *Бунцевич Л. Л.* Формирование генеративного потенциала яблони домашней // Вестн. Рос. Акад. с.-х. наук. М., 2004. № 6. С. 53 – 56.
3. *Вартапетян В. В.* Межвидовая совместимость при скрещивании в роде *Malus* Mill. // Проблемы формирования генетических коллекций плодовых, ягодных культур и перспективы их селекционного использования / Под ред. Н. И. Савельева. Матер. XXI Мичуринских чтений: ВНИИГиСПР им. И. В. Мичурина. 2002. С. 15 – 16.
4. *Ваверова Э. В.* Пепин литовский как исходный сорт в селекции яблони: Автореф. дис. канд. с.-х. наук: 06.534. Белорусский НИИ Земледелия. 1971. 24 с.
5. *Витковский В. Л.* Плодовые растения мира. СПб.: Лань, 2003. 592 с.
6. *Исаева И. С.* Морфофизиология плодовых растений. М.: МГУ, 1974. С. 28 – 61.
7. *Исаева И. С.* Продуктивность яблони. М.: МГУ. 1989. 149 с.
8. *Козловская З. А.* Совершенствование сортимента яблони в Беларуси. Минск, 2003. 168 с.
9. *Козловская З. А., Ярмолич С. А., Марудо Г. М.* Скороплодность перспективных гибридов яблони белорусской селекции // Современное плодоводство: состояние и перспективы развития / Под ред. В. А. Матвеева. Матер. Междунар. науч.-практ. конф.: Ин-т плодоводства НАН Беларуси, 2005. С. 24 – 25.
10. *Козловская З. А., Семашко Е. В.* Некоторые результаты исследований селекции сортов яблони летнего срока созревания // Современные проблемы плодоводства / Под ред. В. А. Матвеева. Тез. докл. науч. конф.: Белорусский НИИ Плодоводства ААН РБ, 1995. С. 51 – 52.
11. *Савельев Н. И.* Генетические основы селекции яблони. Мичуринск: ВНИИГиСПР им. И. В. Мичурина, 1998. 303 с.
12. *Савельев Н. И.* Развитие научного наследия И. В. Мичурина по мобилизации сортового и видового разнообразия плодовых растений и его использованию в селекции // Проблемы формирования генетических коллекций плодовых, ягодных культур и перспективы их селекционного использования / Под ред. Н. И. Савельева. Матер. XXI Мичуринских чтений: ВНИИГиСПР им. И. В. Мичурина, 2002. С. 3 – 4.
13. *Седов Е. Н.* Программа и методика селекции плодовых, ягодных и орехоплодных культур. Орел: ВНИИСПК, 1995. С. 502.

УСТОЙЧИВОСТЬ ВИДОВ РОДОВ *TRITICUM* L. И *AEGILOPS* L. К ОБЫКНОВЕННОЙ КОРНЕВОЙ ГНИЛИ

М. А. Колесова, Л. Г. Тырышкин, М. Э. Гашимов
Государственный научный центр РФ Всероссийский научно-исследовательский институт растениеводства им. Н. И. Вавилова РАСХН, Санкт-Петербург, Россия, e-mail: markolesova@vir.yandex.ru

Резюме

Изучили устойчивость к обыкновенной корневой гнили (возбудитель *Bipolaris sorokiniana* Shoem.) 945 образцов мягкой пшеницы, 645 образцов 24 видов рода *Triticum* L. и 1215 образцов 17 видов рода *Aegilops* L. из коллекции ВИР. Все образцы рода *Triticum*, включая формы, описанные, по литературным данным, как устойчивые к болезни, были восприимчивы в ювенильной стадии роста. К корневой гнили оказались устойчивы только 6 образцов *Ae. caudata* и 1 форма *Ae. bicornis*.

RESISTANCE OF *TRITICUM* L. AND *AEGILOPS* L. SPECIES TO COMMON ROOT ROT

M. A. Kolesova, L. G. Tyryshkin, M. E. Gashimov
N. I. Vavilov All-Russian Research Institute of Plant Industry, St. Petersburg, Russia, e-mail: markolesova@yandex.ru

Abstract

Resistance to common root rot (causal agent *Bipolaris sorokiniana* Shoem.) was studied in 945 accessions of bread wheat, 645 accessions of 24 *Triticum* spp. and 1215 of 17 *Aegilops* spp. from the VIR

collection. All samples of *Triticum*, including forms described in literature as resistant, were susceptible to the disease at their juvenile growth stage. Only 6 accessions of *Ae. caudata* and one of *Ae. bicornis* were resistant to the disease.

Обыкновенная корневая гниль, вызываемая *Bipolaris sorokiniana* Shoem., – широко распространенное и вредоносное заболевание мягкой пшеницы (*Triticum aestivum* L.). Так, ежегодные потери урожая зерна пшеницы от болезни в нашей стране достигают 10 – 20% [2, 3, 8, 14, 15], а в годы сильного поражения увеличиваются до 45 – 50% [17]. Одним из наиболее дешевых и экологически чистых способов борьбы с болезнью является выращивание устойчивых сортов. Для создания такого рода сортов необходим поиск доноров новых эффективных генов резистентности.

Цель данной работы – изучение генетического разнообразия видов родов *Triticum* L. и *Aegilops* L. по эффективной устойчивости к обыкновенной корневой гнили.

Материалом исследования служили: 945 образцов мягкой пшеницы, 645 образцов 24 видов рода *Triticum* и 1215 образцов 17 видов *Aegilops* (табл.1.) из коллекции Всероссийского научно-исследовательского института растениеводства им. Н. И. Вавилова, в том числе образцы *T aestivum*, обладающие устойчивостью к обыкновенной корневой гнили по литературным данным.

Первоначально оценку поражения корневой гнилью в лабораторных условиях проводили с использованием «рулонного» метода [1]. Полоску фильтровальной бумаги 15×25 см смачивали водой, вдоль верхнего края укладывали полоску пергамента длиной 25, шириной 5 – 10 см, на которую по центру последовательно раскладывали семена зародышевой частью вниз. Затем сверху семена накрывали пергаментом и фильтровальной бумагой. Рулоны сворачивали и вертикально помещали в эксикатор, заполненный водой. После прорастания семян эксикаторы переносили на светоустановку. Через 2 – 3 дня рулоны разворачивали, корни и колеоптиле опрыскивали из пульверизатора водной суспензией конидий штамма «Т» *B. sorokiniana* (конц. 50 тыс. конидий/мл).

Таблица 1. Виды родов *Triticum* L. и *Aegilops* L., изученные по ювенильной устойчивости к обыкновенной корневой гнили

Вид	Число хромосом (2n)	Геном	Изучено образцов, шт.
Подрод *Triticum*			
T. aestivum L.	42	A^uBD	945
T. urartu Thum. ex Gandil.	14	A^u	75
T. aethiopicum Jakubz.	28	A^uB	5
T. dicoccoides (Koern. ex Aschers. et Graebn.) Schweinf.	28	A^uB	50
T. ispahanicum Heslot	28	A^uB	2
T. karamyschevii Nevskyi	28	A^uB	3
T. persicum Vav.	28	A^uB	13
T. turgidum L.	28	A^uB	30
T. erebuni Gandil.	28	A^uD	1
T. compactum Host.	42	A^uBD	56
T. macha Dekapr. et Menabde	42	A^uBD	37
T. spelta L.	42	A^uBD	52
T. sphaerococcum Perciv.	42	A^uBD	27
Подрод *Boeoticum* Migusch. et Dorof.			
T. boeoticum Boiss.	14	A^b	48
T. monococcum L.	14	A^b	108

Вид	Число хромосом (2n)	Геном	Изучено образцов, шт.
T. sinskajae Filat. et Kurk.	14	A^b	1
T. araraticum Thum. ex Gandil.	28	A^bG	84
T. timopheevii Zhuk.	28	A^bG	44
T. militinae Zhuk. et Migusch.	28	A^bG	2
T. zhukovskyi Menabde et Ericzjan	42	A^bA^bG	1
T. palmovae Ivanov	28	A^bD	1
T. timococcum Kost.	42	A^bA^bG	1
T. miguschovae Zhir.	42	A^bGD	1
T. kiharae Dorof. et Migusch.	42	A^bGD	1
T. fungicidum Zhuk.	56	A^uA^bBG	2
Секция *Sitopsis* (Jaub. et Spach) Zhuk.			
Ae. speltoides Tausch.	14	S	70
Ae. aucheri Boiss.	14	S	24
Ae. longissima Schweinf. et Muschl.	14	S^l	6
Ae. sharonensis Eig	14	S^{sh}	5
Ae. bicornis (Forssk.) Jaub. et Spach	14	S^b	8
Ae. searsii Feldman et Kislev ex Hammer	14	S^s	16
Секция *Cylindropyrum* (Jaub. et Spach) Zhuk.			
Ae. caudata L.	14	C	28
Ae. cylindrica Host.	28	DC	481
Секция *Vertebrata* Zhuk.			
Ae. tauschii Coss.	14	D	442
Ae. crassa Boiss.	28 42	DM^{cr} DD^2M^{cr}	50
Ae. ventricosa Tausch.	28	DN	40
Ae. vavilovii (Zhuk.) Chennav	42	$DM^{cr}S^l$	14
Ae. juvenalis (Thell.) Eig	42	DM^jU	6
Секция *Comopyrum* (Jaub. et Spach) Zhuk.			
Ae. heldreichii (Boiss.)	14	M^h	4
Ae. comosa Sm. in Sibth. et Sm.	14	M	1
Ae. uniaristata Vis.	14	N	5
Секция *Polyeides* (Zhuk.) Kihara			
Ae. umbellulata Zhuk.	14	U	15

Учет развития болезни на корнях и колеоптиле проводили на 15-й день после заражения по шкале: 0 – отсутствие симптомов; 1 – отдельные темные точки на колеоптиле и корнях; 2, 3 и 4 – потемнение 10, 50 и 70% корневой системы; 5 – вся корневая система коричневого цвета; 6 – гибель растения. Слабо пораженные образцы дополнительно тестировали в «инфицированном песке» [12]. Стерилизованный песок помещали в эмалированные кюветы и перемешивали с водной суспензией конидий гриба (окончательная концентрация 20 тыс. конидий /г песка). Семена образцов предварительно замачивали в небольшом количестве воды. При появлении первых корней и проростка растения высаживали в инфицированный песок. Через 15 – 20 дней растения промывали и оценивали поражение корневой системы и колеоптиле.

Выделившиеся по устойчивости к болезни в ювенильной стадии образцы дополнительно оценивали во взрослом состоянии. В полевых условиях при посеве образцов пшеницы ложе для семян образцов поливали суспензией конидий патогена (титр гриба 500 конидий /1 г почвы). При оценке возрастной устойчивости образцов эгилопсов к болезни в условиях

теплицы растения выращивали в почве, инфицированной конидиями патогена. Оценку поражения корней проводили после выкапывания растений в фазе кущения у озимых и полной зрелости у яровых форм по шкале, используемой для оценки поражения проростков.

Из вновь изученных коллекционных образцов пшеницы при заражении в рулонах 25 образцов поражались слабее контроля [10, 11], но все они были сильно поражены при выращивании в песке, инокулированном *B. sorokiniana*, в ювенильной фазе и в полевых условиях на искусственном инфекционном фоне. Мы предполагаем, что метод заражения возбудителями корневых корней растений в рулонах может быть использован только для выбраковки сильно восприимчивых форм; для идентификации эффективной устойчивости необходимы тесты с выращиванием растений на твердых субстратах (почва, песок), инокулированных возбудителем корневой гнили.

Из образцов мягкой пшеницы, устойчивых к болезни по литературным данным, мы оценили на пораженность сорта Owens, Sinton, Neepawa [6, 18], Thatcher [21], Apex, Cadet (ген устойчивости к корневой гнили *Crr*) [19], Скала [4], Mexico 120, Spica [22]. Все они были высоковосприимчивы при заражении в рулонах, а также в полевых условиях. Сорт Скала и ранее был описан как восприимчивый к корневой гнили и стабильно теряющий 10 – 20% урожая от корневой гнили в Красноярском крае [16].

Ранее из видов рода *Triticum* было выделено 19 образцов *T. persicum*, *T. spelta*, *T. compactum*, *T. boeoticum* и *T. monococcum*, устойчивых к корневой гнили [6]. По результатам наших исследований все изученные образцы редких видов рода *Triticum* восприимчивы к корневой гнили в ювенильной стадии онтогенеза.

Для образца мягкой пшеницы 181-5 (к-45401, Канада) (относительная устойчивость (балл 2 – 3) при инокуляции рулонным методом) нами изучен генетический контроль резистентности. Растения F_1 от скрещивания этой формы с восприимчивым сортом Lusitano устойчивы к болезни, что указывает на доминантный характер наследования признака. В F_2 этой комбинации наблюдали расщепление 75 устойчивых : 27 восприимчивых растений, что не противоречит гипотезе о контроле признака одним доминантным геном ($\chi^2 = 1,06$, $P = 0,25 – 0,50$). Соотношение семей в F_3 было 19 устойчивых : 36 расщепляющихся по устойчивости : 28 восприимчивых, что подтверждает наличие у образца одного гена устойчивости ($\chi^2 = 3,41$, $P = 0,10 – 0,25$) [9]. Ген устойчивости образца 181-5 к обыкновенной корневой гнили, с нашей точки зрения, не имеет селекционного значения, поскольку он сильно поражается корневой гнилью при выращивании в инфицированном конидиями патогена песке и на искусственном инфекционном фоне в поле.

После нашей работы генетический контроль устойчивости данной формы был также изучен в диаллельном анализе четырех образцов: линия 181-5, Nannong q8 G20 (яровые формы) и Tara, VII-13a2-81 (озимые). В результате было показано, что яровые формы защищены двумя доминантными комплементарно взаимодействующими генами, гены образцов идентичны. Сорт Tara, вероятно, имеет 3 гена устойчивости (один доминантный и два рецессивных), образец VII-13a2-81 – 2 гена (доминантный и рецессивный), гены устойчивости образцов неидентичны [5, 6]. Поскольку в нашей работе образец 181-5 при выращивании растений в песке восприимчив к корневой гнили, то с высокой долей вероятности можно предположить, что образец Nannong q8 G20, отсутствующий в нашей работе, также восприимчив к болезни и не представляет интереса для селекции на иммунитет.

Ранее большое количество устойчивых к корневой гнили форм выделено у видов *Ae. crassa*, *Ae. tauschii*, *Ae. ventricosa*, *Ae. cylindrica* и *Ae. bicornis* [13]. При изучении устойчивости к болезни с использованием рулонного метода О. М. Страхова с соавторами [7] выделили 1 образец *Ae. trivialis* (= *Ae. crassa*, 2n = 42) (к-1305) и 4 формы *Ae. tauschii* (к-729, 1227, 2194, 2380), устойчивые к корневой гнили. При выращивании растений в почве, инфицированной патогеном, резистентны к болезни были только два образца: к-1305 и к-2194. Нами показано, что данные формы, *Ae. trivialis* и *Ae. Tauschii*, восприимчивы к болезни.

Среди образцов эгилопсов в нашем исследовании к обыкновенной корневой гнили были устойчивы только 6 форм *Ae. caudata* – к-1798 (Греция), к-2254, 2255, 2709 (Турция), к-647, 2777 и 1 образец *Ae. bicornis* – к-1311 (Израиль).

Таким образом, с нашей точки зрения, имеющееся представление о широком генетическом разнообразии мягкой пшеницы и ее родичей по эффективной устойчивости к обыкновенной корневой гнили не соответствует действительности. Выделение значительного числа устойчивых форм в работах отечественных исследователей связано, вероятно, с низкими концентрациями конидий возбудителя болезни в сыпучих субстратах, используемых для выращивания растений, а также с отсутствием либо только однократными оценками образцов в полевых условиях на жестких инфекционных и провокационных фонах.

Для селекции на иммунитет, по нашему мнению, несомненный интерес представляют выделенные образцы *Ae. caudata* и *Ae. bicornis*, которые после изучения генетического контроля признака предполагается использовать в интрогрессивой гибридизации. Дальнейший поиск устойчивых к корневой гнили форм, вероятно, следует проводить среди образцов более отдаленных родичей пшеницы. В качестве примера можно привести сообщение об успешной передаче в геном мягкой пшеницы высокого уровня устойчивости к болезни от *Thinopyrum ponticum* [20].

Литература

1. *Бенкен А. А., Хрустовская В. Н.* Лабораторная оценка болезнеустойчивости растений и паразитических свойств возбудителей обыкновенной корневой гнили злаков // Тр. ВИЗР. 1977. Вып. 56. С. 55-57.
2. *Головин П. Н., Арсеньева М. В., Халеева З. Н., Шестиперова З. И.* Фитопатология. Л., 1971. 360 с.
3. *Пересыпкин В.Ф., Тютерев С.Л., Баталова Т С.* Болезни зерновых культур при интенсивных технологиях их возделывания. М.: Агропромиздат, 1991. 272 с.
4. *Савельева Н. М., Майстренко О. И.* Наследование устойчивости к обыкновенной корневой гнили яровой пшеницы, 1. Моносомный генетический анализ сорта Скала // Генетика. 1983. Т. 19. С. 1668-1673.
5. *Смурова С. Г.* Наследование устойчивости пшеницы к обыкновенной корневой гнили, вызываемой *Cochliobolus sativus* Drechs. ex Dastur // Тезисы второй Всерос конф «Современные проблемы иммунитета растений к вредным организмам» СПб., 2008. С. 176 – 179.
6. *Смурова С. Г.* Новые источники и доноры устойчивости пшеницы к *Cochliobolus sativus* Drechs. ex Dastur: Автореф. канд. биол. наук. СПб., 2008. 18 с.
7. *Страхова О. М. и др.* Характеристика видов рода *Aegilops* D-геномной группы по устойчивости к болезням // Материалы Междунар. науч.-практ конф. «Генетические ресурсы культурных растений». СПб., 2001. С. 427 – 428.
8. *Тупеневич С. М.* Корневая гниль яровой пшеницы в засушливых районах Северного Казахстана и степных районах Западной Сибири // Корневые гнили хлебных злаков и меры борьбы с ними. М., 1970. С. 3 – 8.
9. *Тырышкин Л. Г.* Генетическое разнообразие пшеницы и ячменя по эффективной устойчивости к болезням и возможности его расширения: Автореф. д-ра биол. наук. СПб., 2007. 40 с.
10. *Тырышкин Л. Г. и др.* Оценка образцов мягкой пшеницы на устойчивость к грибным болезням // Каталог мировой коллекции ВИР. СПб.: ВИР, 1999. Вып. 696. 33 с.
11. *Тырышкин Л. Г. и др.* Характеристика образцов мягкой пшеницы на устойчивость к облигатным и факультативным грибным патогенам // Каталог мировой коллекции ВИР. СПб.: ВИР, 2000. Вып. 718. 19 с.
12. *Тырышкин Л. Г., Колесова М. А.* Корневые гнили // Устойчивость генетических ресурсов зерновых культур к вредным организмам. Методическое пособие. М.: РАСХН, 2008. С. 187 – 195.
13. *Тырышкин Л. Г., Михайлова Л. А., Навруэбеков Н. А.* Устойчивость видов *Aegilops* L. к *Bipolaris sorokiniana* (Sacc. in Sorokin) Schoem. // Тр. по прикл. бот., ген. и сел. 1997. Т. 150. С. 81 – 84.
14. *Хасанов Б. А.* Определитель грибов – возбудителей «гельминтоспориозов» растений из родов *Bipolaris*, *Drechslera* и *Exserohilum*. Ташкент, 1992. 244 с.
15. *Чулкина В. А.* Защита зерновых культур от обыкновенной гнили. М.: Россельхозиздат, 1979. 72 с.
16. *Шевелуха В. С., Рогинская В. А., Хижняк С. В.* Перспективы использования токсинов возбудителя обыкновенной корневой гнили зерновых в клеточной селекции // С.-х. биология. 1992. № 3. С. 45 – 51.

17. *Шевченко Ф. П.* Корневые гнили яровой пшеницы в Западной Сибири и система мер борьбы с ними // Корневые гнили хлебных злаков и меры борьбы с ними. М., 1970. С.14 – 17.
18. *Conner R. L.* Interrelationship of cultivar reactions to common root rot, black point and spot blotch in spring wheat // Plant Dis. 1990. V. 74. P. 224 – 227.
19. *Larson R. I., Atkinson T G.* Reaction of wheat to common root rot: identification of a major gene *Crr* on chromosome 5B // Can. J. Gen. Cytol. 1981. V. 23. P. 173 – 185.
20. *Li H. et al.* The transfer and characterization of resistance to common root rot from *Thinopyrum ponticum* to wheat // Genome. 2004. V. 47. P. 215 – 223.
21. *Sallans B. G., Tinline R. D.* Resistance in wheat to *Cochliobolus sativus*, a cause of common root rot // Can. J. Plant Sci. 1965. V. 45. P. 343-351.
22. *Wildermuth G. B.* Further sources of resistance to common root rot *(Cochliobolus sativus)* of wheat // Austral Journ. of Experiment. Agric and Anim. Husbandry. V.14. P. 666 – 670.

КОЛЛЕКЦИЯ ЧЕСНОКА ОЗИМОГО В УСЛОВИЯХ ПОДМОСКОВЬЯ

Г. А. Косарева
Государственный научный центр Всероссийский селекционно-технологический институт садоводства и питомниководства Россельхозакадемии, Москва, Россия

Резюме

Дана характеристика 88 образцов мировой коллекции ВИР чеснока озимого по признаку масса луковицы. По результатам изучения 2006–2008 гг. определены параметры стабильности данного признака (r, s^2), выделены образцы, имеющие, стабильно по годам, луковицу массой 40 г и более, представляющие интерес для селекции озимого чеснока.

WINTER GARLIC COLLECTION IN THE CONDITIONS OF MOSCOW REGION

G. A. Kosareva
All-Russian Breeding and Technological Institute of Horticulture and Nurseries, Moscow, Russia

Abstract

Descriptions of 88 winter garlic accessions from VIR's global collection are given in the context of their bulb weight. According to the research data of 2006–2008, stability parameters were defined for this trait (r, s^2), and accessions with stable year-by-year bulb weight of 40 g or more were identified as promising for winter garlic breeding.

Актуальной задачей современной селекции овощных культур является повышение степени реализации адаптивного потенциала культивируемых видов растений путем создания новых сортов, сочетающих в себе высокую продуктивность, устойчивость к патогенам и неблагоприятным факторам среды [2]. В практической селекции важным является наличие генофонда как источника сочетания генов для решения существующих и возникающих задач сельскохозяйственной практики.

В ассортименте овощных культур в последнее время чеснок (*Allium sativum* L.) вызывает значительный интерес у исследователей как культура с бактерицидным эффектом, мощным антиканцерогенным действием [3].

Узкие ареалы распространения сортов чеснока обязывают использовать в качестве исходных местные формы и селекционные, районированные в данном регионе сорта, хорошо приспособленные к условиям возделывания.

В отделе сохранения, поддержания и изучения генофонда ГНУ ВСТИСП Россельхозакадемии (бывш. Московское отделение ВНИИ растениеводства им. Н. И. Вавилова) ежегодно в живом виде поддерживается коллекция чеснока озимого в количестве 88 образцов. Поддерживаемый материал представляет различные регионы России

и страны Ближнего и Дальнего зарубежья (Судан, Австралия, Болгария, Киргизия, Азербайджан, Сахалинская, Пермская, Свердловская, Новгородская, Псковская, Владимирская, Нижегородская области, Алтайский, Приморский края). В 2006 – 2008 гг. анализировали один из важных хозяйственно ценных показателей для чеснока – массу луковицы. Абсолютные значения данного признака самыми низкими были в 2006 г.: от 10 г (образец к-2648, ст.Кусаргай) до 36,0 г (вр. к-5279 Кабраловский, Ленинградская обл.). Среднее по 88 образцам значение признака в 2006 г. равнялось 24,8 г, коэффициент вариации (V %) составил 21,8 %. В благоприятном по условиям вегетации 2008 г. масса луковицы колебалась от 18,2 г (к-2956, Ярославская обл.) до 54,3 г (вр. к-5240, Алтайский край). Среднее значение признака по коллекции равнялось 34,8 г, коэффициент вариации V = 21,7%. В 2007 г. среднее значение признака по коллекции составляло 29,7 г, коэффициент вариации V = 22.9%.

Следует отметить, что колебания коэффициента вариации признака масса луковицы по годам незначительны (V = 21,7 – 22,9%), т. е. хотя среднее значение признака колебалось от 24,8 г в 2006 г. до 34,8 г в 2008 г., судя по коэффициентам вариации по годам можно сказать, что данный признак относительно стабильно характеризует образец.

В таблице приведена характеристика образцов, имеющих в среднем за годы изучения массу луковицы от 34,9 до 41,3 г. По параметрам стабильности (коэффициент регрессии r и среднее квадратическое отклонение S^2 [1]) интерес представляют образцы с низкими числовыми значениями как коэффициента регрессии (r), так и среднего квадратического отклонения (S^2); чем меньше числовое значение среднего квадрата, тем более стабилен признак.

Параметры стабильности по массе луковицы образцов чеснока озимого, ГНУ ВСТИСП, 2006 – 2008 гг.

№ по каталогу ВИР	Образец	Происхождение	Масса луковицы, г				Параметры стабильности	
			2006 г.	2007 г.	2008 г.	среднее	r	S^2
2965	б/н	Костромская обл.	29,6	28,6	46,5	34,9	1,63	66,0
7104	"	Пермская обл.	33,5	41,3	39,2	38,0	0,49	6,0
7138	"	Чувашия	28,5	33,3	40,0	33,9	1,08	29,2
вр. 5101	Местный	Владимирская обл.	26,8	47,8	43,8	39,4	1,6	64,0
вр. 5107	Сызранский местный	Самарская обл.	27,5	43,2	50,8	40,5	2,24	125,0
вр. 5109	Вольский местный	Саратовская обл.	32,5	40,9	36,1	36,5	0,28	2,0
вр. 5112	Светлоокра-шенный	Орловская обл.	26,0	35,4	47,6	36,3	2,09	109,0
вр. 5116	Местный	Новгородская обл.	39,0	42,8	42,1	41,3	0,22	1,21
вр. 5237	Зимостойкий	Ленинградская обл.	34,0	35,7	40,5	36,7	0,48	5,8
вр. 5240	Зональный розовый	Алтайский край	28,9	38,1	54,3	40,4	2,46	151,0
вр. 5241	Томский	"	34,7	45,4	37,5	39,2	0,19	0,9
вр. 5251	Чемальский	Республика Алтай	36,7	37,5	38,8	37,7	0,13	0,42
вр. 5257	Поспелихский белый	Алтайский край	35,0	35,0	45,4	38,5	0,97	23,5
вр. 5262	Павловский	"	28,1	50,0	45,2	41,1	1,61	64,8

Исходя из этих математических выкладок можно сказать,что, наибольшей нестабильностью по данному признаку характеризуются образцы вр. к-5107 и вр. к-5240 с коэффициентами регрессии r = 2,24 и r = 2,46 и средними квадратическими отклонениями соответственно S^2 = 125,0 и S^2 = 151,0. Стабильностью в проявлении признака крупности

луковицы отличались образцы вр. к-5116 (Новгородская обл.), вр. к-5241 (Алтайский край), вр. к-5251 (Республика Алтай). Коэффициенты регрессии и среднее квадратическое отклонение было меньше единицы. Масса луковицы выделившегося по стабильности признака образца вр.к.5116 Новгородская обл. составила в среднем за три года 41,3 г, колебания по годам изучения были незначительными: от 39,0 г в 2006 г. до 42,8 г в 2008 г. Данные образцы представляют интерес в качестве исходного материала для селекции.

Литература

1. *Пакудин В. З.* Оценка экологической пластичности сортов // Генетический анализ количественных и качественных признаков с помощью математико-статистических методов. М., 1973. С. 40 – 44.
2. *Пивоваров В. Ф.* Современные тенденции в селекции овощных культур // Современные тенденции в селекции и семеноводстве овощных культур / I Междунар. науч.-практ. конф. М., 2008. Т. 1. С. 38 – 51.
3. *Хрыкина Ю. А.* Оценка и выделение исходного материала чеснока озимого на накопление селена: Автореф. дис. на соиск. учен. степ. канд.с.-х. наук М., 2009. 25 с.

ИЗУЧЕНИЕ И ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ГЕНОФОНДА ЯЧМЕНЯ В МИРОНОВСКОМ ИНСТИТУТЕ ПШЕНИЦЫ ИМЕНИ В. Н. РЕМЕСЛО УААН

В. С. Кочмарский, В. Н. Гудзенко

Мироновский институт пшеницы имени В. Н. Ремесло УААН, п/о Центральное, Мироновский район, Киевская область, Украина, e-mail: mwheats@ukr.net; mironovka@mail.ru; barleys@mail.ru

Резюме

В статье показаны методы работы с генетическими ресурсами ярового и озимого ячменя в Мироновском институте пшеницы имени В. Н. Ремесло УААН. Выделен ряд образцов различного географического происхождения, которые могут быть использованы в селекции как источники и доноры хозяйствен оценных признаков. В результате всестороннего изучения и использования генетических ресурсов создано и внесено в Госреестр Украины 8 сортов озимого и 10 сортов ярового ячменя.

STUDYING AND UTILIZATION OF BARLEY GENETIC DIVERISTY AT THE REMESLO MYRONIVKA INSTITUTE OF WHEAT

V. S. Kochmarskiy, V. N. Gudzenko

V. N. Remeslo Myronivka Institute of Wheat, UAAS, Myronivka District, Kyiv Region, Ukraine, e-mail: mwheats@ukr.net; mironovka@mail.ru; barleys@mail.ru

Abstract

The article presents methods of work with genetic resources of spring and winter barley at the V. N. Remeslo Myronivka Institute of Wheat. A number of accessions of various geographic origin were identified as promising for breeding as sources and donors of economically valuable traits. As a result of all-round research and utilization of genetic resources, 8 cultivars of winter barley and 10 of spring barley have been produced and listed in the Ukrainian State Register of Varieties.

Специальными исследованиями доказано, что вклад селекции в повышение урожайности ячменя за последнее время оценивается более чем в 55% [9]. Однако, по данным А. А. Линчевского [8], характерным для возделывания ячменя в Украине всегда было колебание урожаев и валовых сборов зерна в связи с нестабильностью условий выращивания. В последние годы имеют место глобальные изменения климата. Однако хотя количество осадков в Украине существенно не изменилось, но в связи с неравномерностью их выпадения и повышением среднегодовой температуры воздуха наблюдается повышение

количества засушливых явлений и распространение их в регионы, которые всегда относились к достаточно увлажненным [6]. В период налива зерна участились случаи преобладания экстремальных погодных условий – аномально жарких (засухи) или аномально холодных (ливни, шквалы), что очень отрицательно влияет на количество и качество выращиваемой продукции [3].

На фоне отрицательных результатов изменения климатических факторов перед учеными стоит сложный вопрос как повышения урожайности основных сельскохозяйственных культур, так и уровня их устойчивости к негативным погодным условиям окружающей среды. Селекционное усовершенствование сельскохозяйственных культур представляет наиболее эффективный и экологически безопасный способ решения этой проблемы [5, 7]. Мировые генетические ресурсы в этом контексте рассматриваются как основной источник улучшения создаваемых сортов в ближайшие десятилетия [1, 2, 4].

Мироновский институт пшеницы имени В. Н. Ремесло УААН (МИП) является соисполнителем программы формирования генетического банка ячменя в Украине. Коллекция озимого ячменя МИП насчитывает 430 образцов (из 32 стран мира), которые принадлежат к 15 разновидностям. Наиболее широко представлены образцы из Германии – 15,8%, Франции – 13,5%, Болгарии – 8,4%, России – 8,1%, Украины – 7,4%, Чехии – 5,9%, Югославии – 4,5%, Польши – 3,6%, Англии – 3,4%, Венгрии – 2,7%, Бельгии – 2,7% и др. стран – 14,4%.

Коллекция ярового ячменя насчитывает из 45 стран 1213 образцов, которые представлены 68 разновидностями селекционных сортов, линий, гибридных популяций, мутантов и местных форм. Наибольшее количество образцов из России – 15,8%, Украины – 13,8%, Германии – 9,7%, Дании – 7,9%, Чехии – 7,7%, Швеции – 5,4%, Мексики – 5,0%, Польши – 4,5%, Англии – 3,7%, Франции – 3,0%, Турции – 2,6%, Беларуси – 2,3%, Канады – 2,1% и др. – 16,4%.

За период 1949 – 2009 гг. было интродуцировано и изучено 23 545 образцов ячменя. Лучшие по результатам изучения введены в коллекцию и использованы в селекционной работе. За 2006 – 2008 гг. из 18 стран интродуцировано 714 образцов, которые принадлежат к 50 разновидностям.

Главным «поставщиком» образцов до 90-х гг. XX ст. был Всесоюзный НИИ растениеводства им. Н. И. Вавилова. На сегодня основное количество образцов поступает из Института растениеводства им. В. Я. Юрьева (г. Харьков) – Национального центра генетических ресурсов растений Украины. В последние годы активно начато сотрудничество МИП с Международным центром ICARDA (Сирия).

Ежегодно в коллекционных питомниках лаборатории селекции ячменя МИП изучается около 300 – 400 образцов озимого и 500 – 700 ярового ячменя. Оценка образцов проводится в полевых условиях, на провокационных фонах и в лабораториях. В результате исследований выделяются доноры и источники устойчивости к полеганию, болезням, абиотическим факторам и т. д., которые вовлекаются в селекционный процесс лаборатории селекции ячменя, а также рекомендуются другим селекционным учреждениям в качестве исходного материала.

Устойчивость к болезням – один из показателей адаптивного потенциала создаваемых сортов. Наиболее вредоносным листостебельным заболеванием в условиях правобережной Лесостепи Украины является мучнистая роса (*Erysiphe graminis* f. sp. *hordei*).

Источниками устойчивости к мучнистой росе среди образцов озимого ячменя являются сорта Bonita (Австрия), Fighter, Fallon, Calix (Англия), Sympa, Jaidor (Франция).

Наиболее эффективной в устойчивости к этому заболеванию с момента внедрения в производство в 1979 г. и на сегодня остается серия рецессивных генов mlo [10, 11]. В коллекционном питомнике ярового ячменя МИП выделены доноры этих генов: Eunova (Австрия), Adonis, Auriga, Xanadu, Alexis, Aspen, Barke, Danuta, Madeira, Brenda, Bojos, Cristallia, Class (Германия), Josefin (Франция), Ebson (Чехия) и др., подтвердившие свою высокую устойчивость как на природном инфекционном фоне, так и при искусственном

заражении. Высокими показателями устойчивости в полевых условиях, кроме вышеупомянутых, характеризуются образцы Secura, Selecta (Австрия), Linus (Дания), Ebson (Чехия), Pewter, Adajio (Франция), Kuburas, Landora (Германия).

Устойчивостью к полосатому гельминтоспориозу (*Drechslera graminea* Ito.) в полевых условиях обладают образцы озимого ячменя – Scio/SLB 47-81, Ste/Antares/, Bugar (Сирия); Zagore (Болгария); Mallard, Nevada (Англия); Ideal (Швеция) и др.; ярового ячменя – Соборный, Миродар, 15-А-153, Терминал, Мед, Адапт, Вакула, Сонет, Европрестиж, Лотос, Пролисок, Галатея, Л. 1027 (Украина), Задонский, Рубикон (Россия); Бурштан, Якуб (Беларусь); Secura, Eunova (Австрия); Себастян (Чехия); Madeira, Ria, Barke, Landora, Danuta, Hanka (Германия); Delta, Shubert, Celinka (Франция); Dominigue (Нидерланды); Nansy (Швеция).

Устойчивостью к темно-бурой пятнистости (*Bipolaris sorokiniana* Shoem.) характеризуются образцы озимого ячменя – Elara, Opera, Team (Франция); Bugar (Сирия); Anson (США); КМ-906 (Чехия); Concert (Англия); ярового – Л. 1027, Пролисок, Галатея, Европрестиж, 15-А-153, Козак, Мед, Терминал (Украина); Рубикон, Задонский (Россия); Бурштан, Якуб (Беларусь); Shubert, Celinka, Delta (Франция); Secura, Eunova (Австрия); Madeira, Landora (Германия); Dominique (Нидерланды).

Устойчивостью к карликовой ржавчине (*Puccinia hordei Otth.*) в условиях эпифитотии 2008 г. характеризовались образцы ярового ячменя – Вакула, Задум, Эней, Незабудка, Феникс, Галатея, Мироновский 92, Командор (Украина); Зерноградский 770 (Россия); Ursel, Hanka, Cristallia (Германия); Jarak (Югославия); Michka (Австрия); V660/73 (Польша).

Урожайность является решающим показателем селекционной и хозяйственной ценности создаваемых сортов. В контрастных по увлажнению 2005 – 2007 гг. по массе зерна с 1 м^2 выделились образцы ярового ячменя Ditta, Celinka (Франция), Michka (Австрия) и др. Они превышали стандарт Одесский 100 по показателям селекционной ценности (*Sc*) и гомеостатичности (*Hom*) (таблица).

Показатели урожайности и стабильности образцов ярового ячменя, 2005 – 2007 гг.

Сорт	Страна происхождения	$\bar{x}$ ±*Sx, г/м*^{2}	*Lim*		*V,%*	*Sc*	*Hom*
			$\bar{x}_{min}$	$\bar{x}_{max}$			
Одесский 100 (St)	Украина	269,0±55,6	207,0	380,0	35,8	147	751
Ditta	Франция	410,0±65,6	280,0	490,0	27,7	234	1480
Celinka	"	470,0±75,1	340,0	600,0	27,7	340	1699
Michka	Австрия	367,3±58,3	252,0	440,0	27,5	210	1336
Галатея	Украина	390,0±65,1	320,0	520,0	28,9	248	1350
Задонский	Россия	491,7±108,1	285,0	650,0	38,1	216	1291
Якуб	Беларусь	423,3±61,7	300,0	490,0	25,3	259	1676
Пролисок	Украина	366,7±39,3	290,0	420,0	18,6	273	1975
Annabell	Германия	396,7±96,1	210,0	530,0	42,0	157	945
V660/73	Польша	354,0±51,7	252,0	420,0	25,3	229	1399

Низкорослость и высокую продуктивность в оптимальных условиях увлажнения сочетают образцы ярового ячменя – Linus (Дания), Ebson, Kangu, Henley (Чехия), Pewter, Josefin, Balini, Azalea (Франция), Bojos, Class, Kuburas, Landora, LP 1457203, LP 1159303, LP 1457203 (Германия), Cebeco 0572, Cebeco 0554 (Нидерланды) и др. По отдельным элементам структуры, как в сильно засушливых условиях 2007 г., так и в более увлажненном 2008 г., выделились: по продуктивному кущению – Партнер (Украина); Колорит, Винницкий 28, Псел, Selecta (Австрия), Себастьян (Чехия); количеству зерен в главном колосе – Андриенн (Нидерланды), Степчак, Здобуток, Санктрум (Украина), массе зерна с колоса – Партнер, Водограй, Миродар (Украина), Selecta (Австрия); массе зерна с растения – Партнер, Колорит, Миродар (Украина), Безенчукский 2 (Россия), Андриенн (Нидерланды), Безостый 1 (Казахстан), Себастьян (Чехия), Selecta (Австрия); массе 1000 зерен – Водограй, Миродар,

Колорит, Линия 1027, Хадар, Санктрум, Партнер, Селенит (Украина), Viskor (Югославия), Виконт (Россия).

По массе зерна с 1 м^2 стандарт Росава стабильно превышают образцы озимого ячменя – КМ-914 (Чехия), Основа (Украина), Fallon, Fighter, Mallard, Nevada (Англия), которые можно охарактеризовать как образцы с комплексом хозяйственно полезных признаков, поскольку они сочетают высокую продуктивность с устойчивостью к наиболее распространенным болезням.

Лучшими образцами ярового ячменя по комплексу хозяйственно полезных признаков можно считать Celinka (Франция), Себастьян (Чехия), Солнцедар, Вакула, Гелиос (Украина), Якуб (Беларусь), Катрион, Landora (Германия), Dominique (Нидерланды), Selecta (Австрия) и др.

В результате интродукции и изучения подготовлены к Государственной регистрации базовая, учебная и признаковая коллекции ярового и озимого ячменя, выделены сорта-эталоны. Лучшие образцы активно вовлекаются в селекционный процесс – как отцовские компоненты в скрещиваниях, материал для обработки мутагенами и т. д.

Главным итогом изучения и использования мирового генофонда ячменя в МИП является создание и районирование 8 сортов озимого ячменя – Бемир 2 (7453/176) (1987г.), Радон (Паллидум 6194/80× Dilana) (1994г.), Мироновский 87 (Паллидум 9225/80 ×HVW964) (1995г.), Паллидум 77 (Паллидум 2211/76 ×Паллидум 1421/77) (1999г.), Борисфен (2211/76 ×HVW862) (2006г.), Ковчег (Вавилон ×Л 1151) (2007г.), Сейм (Gulz 6303 ×HVW 862) (2008г.), Тутанхамон (Паллидум 77+НЕС 0,005%) (2009г.). Сорт Зубен (Паллидум 107× (Радон ×№ 468)) признан перспективным на 2009 г. Следует отметить, что из сортов озимого ячменя, созданных в последнее время (2006 – 2009 гг.), только Борисфен принадлежит к типично озимым, другие сорта являются двуручками, способными выколашиваться и давать урожай как при осеннем, так и при весеннем севе.

За период 1995 – 2009 гг. создано и внесено в Госреестр 10 сортов ярового ячменя: Мироновский 86 F_3[Славутич×(МК-42×Ельгина)] ×Rupee (1995г.), Мироновский 92 (11/21/77×Мироновский 66) (1996г.), Цезарь (Серпанок×Georgie) (1998г.), Аскольд (2001г.), Соборный (Hockey×Романтик) (2004г.), Персей (Одесский 115×Magnif 104) ×Sara (2004г.), Сонцедар (Vanja×Pavel)×Roland (2007г.), Юкатан (69703/71×Истринский 2) (2007г.), Авгий (Severa×Trophee) (2008г.), Псел (Asimut×Каштан) (2009г.). На Государственном сортоиспытании находятся три сорта – Хадар (Sara×Atem), Триполь (Каштан×Мереси) и Лучезарный (Мироновский 92×Цезарь).

Как отцовские компоненты в создании этих сортов принимали участие образцы из Украины, России, Германии, Англии, Уругвая, Индии, Швеции, Франции. Созданные сорта характеризуются высоким потенциалом урожайности, комплексной устойчивостью к наиболее распространенным болезням и полеганию, абиотическим факторам среды. Особенно следует отметить новые сорта Юкатан и Солнцедар, которые за годы Государственного сортоиспытания превышали стандарт практически по всем показателям. Триполь и Лучезарный обладают высокими адаптационными способностями и в неблагоприятных условиях (2007 г.) в меньшей степени снизили урожай по сравнению с другими сортами. Персей отнесен к группе фуражных, остальные сорта отвечают требованиям Госстандарта на пивоваренный ячмень и отличаются высокими пивоваренными качествами. По многолетним данным Госсортслужбы, сорта Аскольд и Цезарь характеризуются генетически обусловленными пивоваренными показателями, сохраняющимися и в засушливые годы.

Таким образом, на основе всестороннего изучения генофонда ячменя выделены источники и доноры хозяйственнополезных признаков и свойств, рекомендованные селекционным учреждениям для использования в создании исходного материала с повышенной адаптивностью. В результате вовлечения в селекционный процесс лучших образцов различного эколого-географического происхождения в Мироновском институте пшеницы им. В. Н. Ремесло создан ряд яровых и озимых сортов ячменя, которые

характеризуются повышенными адаптивными свойствами и хозяйственно ценными признаками и качествами.

Литература

1. *Алабушев А. В.* Использование генофонда в создании сортов и гибридов зерновых и кормовых культур // Ген. ресурсы культ. раст. Проблемы мобилизации, инвентаризации, сохранения и изучения генофонда важнейших сельскохозяйственных культур для решения приоритетных задач селекции: Междунар. науч.-практ. конф., СПб., 13 – 16 ноября, 2001 г.: Тез. докл. СПб., 2001. С. 196 – 198.
2. *Грабовец А. И.* Основные направления ведения селекции озимой мягкой пшеницы на экологическую пластичность в условиях меняющегося климата // Проблеми підвищення адаптивного потенціалу системи рослинництва у зв'язку зі змінами клімату: Тези доп. міжнар. науково-практич. конф., 26 – 28 лют. 2008 р. Біла Церква, 2008. С. 23 – 24.
3. *Дрижирук В. В.* Глобальное потепление климата и мировое сельское хозяйство // Агровісник. 2008. № 10. С. 37 – 39.
4. *Костров И. В., Шукис Е. Р., Кострова Л. И.* Изучение коллекции сортов ярового ячменя на Алтае // Ген. ресурсы культ. раст.в XXI веке. Состояние, проблемы, перспективы: II Вавиловская междунар. конф.: СПб., 26 – 30 ноября 2007 г.: Тез. докл. СПб., 2007. С. 499 – 501.
5. *Проскурнин Н. В., Артамонова С. И.* Оценка донорских свойств исходных форм ярового ячменя в селекции на адаптивный потенциал // Адаптивная селекция растений. Теория и практика: Тезисы междун. конф. Харьков, 11 – 14 ноября 2002 г. ИР им. В. Я. Юрьева. Харьков,2002. С. 62 – 63.
6. *Адаменко Т.* Кліматичні умови України та можливі наслідки потепління клімату // Агроном. 2007. № 1. С. 8 – 9.
7. *Звягін А. Ф., Єльніков М. І., Гріндін М. М.* Селекційна цінність вихідного матеріалу м'якої озимої пшениці від схрещування сортів різного адаптивного потенціалу. Зб. наук. пр. Фактори експериментальної еволюції організмів. Київ.: Логос, 2008. Т. 5. С. 43 – 47.
8. *Лінчевський А. А.* Теоретичні основи та селекція ячменю. В кн. Генетика і селекція в Україні на межі тисячоліть: У 4 т./ Редкол.: В. В. Моргун (голов. ред.) та ін. К.: Логос, 2001. Т. 2. С. 528 – 551.
9. *Орлюк А. П.* Теоретичні основи селекції рослин. Херсон: Айлант, 2008. 572 с.
10. *Hovmoller M. S., Caffier V., Jalli M. and etc.* The European barley powdery mildew virulence survey and disease nursery 1993 – 1999 // Agronomie. 2000. № 20. P. 729 – 743.
11. *Lyngkjaer M. F., Newton A. C., Atzema J. L., Baker S. J.* The barley *mlo*-gene: an important powdery mildew resistance source // Agronomie. 2000. № 20. P. 745 – 756.

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ АЛЛЕЛЬ-СПЕЦИФИЧНЫХ МАРКЕРОВ ГЕНА *Ppd-D1* ДЛЯ АНАЛИЗА ИЗОГЕННЫХ ЛИНИЙ ЯРОВОЙ МЯГКОЙ ПШЕНИЦЫ

В. А. Кошкин[1], И. И. Матвиенко[1], Е. М. Егорова[2], Е. К. Потокина[1], А. Ф. Мережко[1]

[1]Государственный научный центр РФ Всероссийский научно-исследовательский институт растениеводства им. Н. И. Вавилова РАСХН, Санкт-Петербург, Россия, e-mail: e.potokina@vir.nw.ru

[2]Институт цитологии и генетики Сибирского отделения РАН, Новосибирск, Россия, e-mail: salina@bionet.nsc.ru

Резюме

Серия почти изогенных линий яровой мягкой пшеницы, различающихся по реакции на длину дня, проанализирована с помощью аллель-специфичных праймеров, разработанных для недавно клонированного гена *Ppd-D1*. Установлено, что одна из почти изогенных линий *Ppd-s*, а также родительский генотип Фотон являются носителями доминантной аллели гена *Ppd-D1*, локализованного на хромосоме 2D.

APPLYING OF ALLELE-SPECIFIC MARKERS OF *Ppd-D1* GENE TO ANALYSE NEAR ISOGENIC LINES OF COMMON WHEAT

V. A. Koshkin[1], I. I. Matvienko[1], E. M. Egorova[2], E. K. Potokina[1], A. F. Merezhko[1]

[1]State Scientific Centre N. I. Vavilov All-Russian Research Institute of Plant Industry of RAAS, St. Petersburg, Russia, e-mail: e.potokina@vir.nw.ru

[2]The Institute of Cytology and Genetics, the Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences, Novosibirsk, Russia, e-mail: salina@bionet.nsc.ru

Abstract

The series of wheat near isogenic lines with different photoperiod response was analyzed with the allele-specific primers developed for the recently cloned gene *Ppd-D1*. One of the near isogenic lines, *Ppd-s*, as well as the parental genotype Foton carry a dominant allele of the *Ppd-D1* gene that has been located on the chromosome 2D.

Введение

Для регионов с коротким безморозным периодом вегетации необходимы скороспелые сорта. У скороспелых форм процессы роста и развития происходят интенсивнее, чем у позднеспелых, и продолжительность вегетационного периода у них короче. Поэтому одна из основных задач селекционеров – создание скороспелых сортов.

Общая продолжительность вегетационного периода зависит от длины отдельных межфазных периодов: всходы – колошение и колошение – созревание. У пшеницы контроль продолжительности периода всходы – колошение в основном осуществляют генетические системы генов *Vrn* (реакция на яровизацию) и *Ppd* (чувствительность к фотопериоду). Слабая фотопериодическая чувствительность (ФПЧ) контролируется доминантными генами *Ppd*, сильная – рецессивными *ppd* [11, 14]. Как правило, сорта, обладающие слабой ФПЧ, являются скороспелыми. Слабая ФПЧ считается важным свойством современных широко адаптированных сортов со стабильно высокой продуктивностью. ФПЧ оказывает влияние не только на скорость развития и уровень адаптации растений к условиям среды, но и на такие признаки пшеницы, как компоненты структуры урожая, высота растений, морозо- и зимостойкость, потребность в яровизации, засухоустойчивость, «уход» от высоких летних температур воздуха, размеры листовой пластинки, устойчивость к желтой ржавчине, бактериальному ожогу листьев.

Начало изучению генетического контроля ФПЧ у пшеницы положено серией работ [18, 20, 22]. Наиболее «сильному» из трех выявленных доминантных генов был присвоен символ *Ppd1*, «умеренному» – *Ppd2* и самому «слабому» – *Ppd3*. Позже эти гены переименовали в соответствии с новыми правилами генной номенклатуры: *Ppd1* = *Ppd-D1*, *Ppd2* = *Ppd-B1* и *Ppd3* = *Ppd-A1* [17]. Высказывались предположения, что гены ФПЧ локализованы на коротких плечах гомеологичных хромосом 2-й группы, соответственно – 2D, 2B и 2A [16, 20, 22]. Ген *Ppd-D1* действительно удалось локализовать на хромосоме 2D, недавно установлена его нуклеотидная последовательность [12].

Для более точной локализации генов *Ppd* на хромосомах, а также для оценки их прямых и плейотропных эффектов была создана серия почти изогенных линий, различающихся по реакции на длину дня. Созданная серия включает шесть линий, полученных в результате пяти беккроссов и 3-кратного индивидуального отбора. Каждая линия несет доминантную аллель только одного гена *Ppd*. Созданная серия отличается от известных аналогов тем, что линии-носители доминантных аллелей *Ppd* моногенны по признаку «фотопериодическая чувствительность» и неотзывчивы на яровизацию, что сокращает время на проведение экспериментов в теплицах и климатических камерах.

На сегодняшний день для генома мягкой пшеницы создана подробная генетическая карта, насыщенная преимущественно микросателлитными маркерами (SSR, simple sequence repeats) [19, 21]. Использование картированных маркеров позволяет выявлять и

анализировать генетические различия у созданных почти изогенных линий и их родительских форм.

Материалы и методы

Исходным материалом для создания линий послужили три контрастных по ФПЧ родительских генотипа яровой мягкой пшеницы, не реагирующие на яровизирующие температуры: сорт Фотон, сорт Sonora 64 и линия ФЧЛ 2 [10]. В качестве реципиента использовали линию ФЧЛ 2, рецессивную по всем генам *Ppd*. Донорами доминантных аллелей этих генов были сорта Sonora 64 и Фотон. Линия *Ppd-s*, а также ее сестринская линия $Ppd\text{-}0^s$ были получены от скрещивания сорта Фотон и линии ФЧЛ 2; линии *Ppd-m*, $Ppd\text{-}0^m$ и *Ppd-w*, $Ppd\text{-}0^w$ получены в результате скрещиваний Sonora 64 и ФЧЛ 2.

Перенос доминантных аллелей генов *Ppd* в генетическую среду линии ФЧЛ 2 осуществлялся с помощью метода многократных беккроссов, сопровождающихся индивидуальным отбором в пользу фенотипического сходства с реципиентом (кроме признака фотопериодической чувствительности). Для отбора растений, различающихся по ФПЧ, был разработан способ отбора форм пшеницы различной скороспелости и фотопериодической чувствительности [4]. Способ позволяет одновременно отбирать скороспелые слабочувствительные и позднеспелые сильночувствительные к фотопериоду формы. Для оценки коллекционных образцов на ФПЧ был предложен показатель - коэффициент фотопериодической чувствительности ($К_{ФПЧ}$): для длиннодневных растений $К_{ФПЧ} = T_2 / T_1$; для короткодневных – $К_{ФПЧ} = T_1 / T_2$, где T_1 и T_2 – продолжительность периода всходы-колошение (цветение) у растений, выращенных соответственно в условиях длинного и короткого дня. Этот коэффициент позволяет ранжировать генотипы по ФПЧ [2]. Он мало изменяется по годам по сравнению с задержкой колошения (цветения) на неблагоприятном дне. Метод не требует больших затрат, так как выращивание растений в вегетационном опыте производится в естественных условиях. Все исследования ФПЧ по созданию изогенных линий проведены с использованием этой методики.

Для проведения молекулярно-генетического анализа геномная ДНК выделялась из свежих листьев растений родительских генотипов и почти изогенных линий CTAB-методом по [13]. Для выявления генотипов с доминантной и рецессивной аллелями гена *Ppd-D1* использовались опубликованные аллель-специфичные праймеры [23] (Ppd1_F 5' – ACG CCT CCC ACT ACA CTG – 3'; Ppd1_R1 5' – TGT TGG TTC AAA CAG AGA GC – 3′; Ppd1_R2 5' – CAC TGG TGG TAG CTG AGA TT – 3').

ПЦР – реакцию проводили в термоциклере (BioRad iCycler). Реакционная смесь объемом 20 мкл содержала: 1%-ный ПЦР буфер с 1,5 ммоль $MgCl_2$, 200 мкмоль каждого dNTPs, 5 пмоль праймера Ppd-D1_F и 2,5 пмоль каждого из праймеров Ppd-D1_R1 и Ppd-D1_R2, одну единицу Taq ДНК полимеразы и 30–60 нг исследуемой ДНК. ПЦР реакция проводилась при следующем режиме: 2 мин 94°С, далее 40 циклов (30 с 94°С, 30 с 52°С и 1 мин 72°С); заключительный этап (5 мин 72°С) проводился перед охлаждением пробы во льду. Продукты амплификации разделяли электрофорезом в 1,5%-ном агарозном геле в 1xTBE буфере, окрашивали бромистым этидием и фотодокументировали.

Результаты и обсуждение

В настоящее время завершена работа по созданию серии из шести почти изогенных линий, различающихся по генам *Ppd*. Линии несут по одному доминантному гену *Ppd*, соответственно – с сильным (s), умеренным (m) и слабым эффектом (w). Для каждой из них отобраны также сестринские линии, несущие рецессивные аллели всех генов *Ppd* («рецессивные сибсы» – РС). Рекуррентный родитель включен в серию как общий контроль. Генотипы линий можно условно обозначить следующим образом:

1. Ppd^s Ppd^s ppd^m ppd^m ppd^w ppd^w – носитель сильного гена *Ppd*
2. ppd^s ppd^s ppd^m ppd^m ppd^w ppd^w – РС носителя сильного гена *Ppd*
3. ppd^s ppd^s Ppd^m Ppd^m ppd^w ppd^w – носитель умеренного гена *Ppd*

4. *ppd^s ppd^s ppd^m ppd^m ppd^w ppd^w* – РС носителя умеренного гена *Ppd*
5. *ppd^s ppd^s ppd^m ppd^m Ppd^w Ppd^w* – носитель слабого гена *Ppd*
6. *ppd^s ppd^s ppd^m ppd^m ppd^w ppd^w* – РС носителя слабого гена *Ppd*
7. *ppd^s ppd^s ppd^m ppd^m ppd^w ppd^w* – рекуррентный родитель ФЧЛ 2

Линии, несущие доминантные аллели разных генов *Ppd*, различаются по ФПЧ; в частности *Ppd-s*, *Ppd-m* и *Ppd-w* начинают колоситься на коротком фотопериоде (12 ч) раньше рекуррентного родителя ФЧЛ 2 соответственно на 44, 33 и 21 сут и имеют коэффициент фотопериодической чувствительности 1,26 (*Ppd-s*), 1,38 (*Ppd-m*), 1,60 (*Ppd-w*) и 1,85 (реципиент – ФЧЛ 2) [3]. У всех изогенных линий в сравнении с реципиентом отмечено укорочение длины главного стебля, верхнего междоузлия, колоса и влагалища флагового листа, уменьшение длины, ширины и площади флаговых листьев, снижение числа колосков и зерен в колосе при одновременном увеличении крупности зерна [6]. Установлено влияние доминантных аллелей *Ppd* на рост и развитие растений через фитохромную пигментную систему, так как выявлен достоверно более высокий коэффициент поглощения монохроматического излучения с длиной волны 730 нм листьями 6-го яруса у линий носителей доминантных аллелей генов *Ppd* по сравнению с реципиентом [4]. В этом диапазоне световых волн находится максимум поглощения активной формы фитохрома P_{730}, который содействует цветению длиннодневных растений [1].

Предполагалось, что рекордное ускорение колошения на коротком дне у линии *Ppd-s* объясняется тем, что линия унаследовала доминантную аллель сильного гена *Ppd-D1* от родительского сорта Фотон. Ген *Ppd-D1* был недавно клонирован [12]; также установлено, что различие между доминантной и рецессивной аллелями гена определяется делецией размером приблизительно в две тысячи нуклеотидных пар (н.п.). Для идентификации генотипов с доминантной и рецессивной аллелями гена *Ppd-D1* разработаны аллель-специфичные праймеры [23], которые мы использовали для анализа нашего материала.

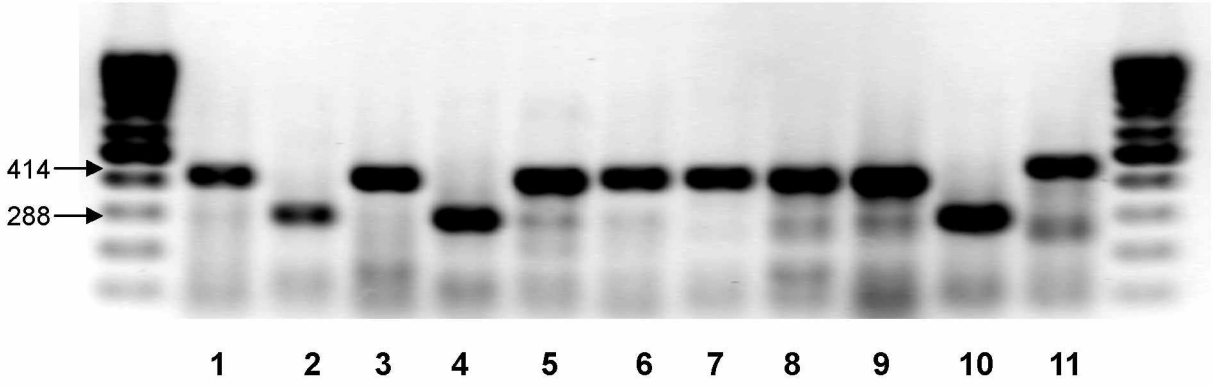


Рис. 1. Выявление доминантной (288 п.н.) и рецессивной (414 п.н.) аллелей гена *Ppd-D1* у родительских генотипов и почти изогенных линий пшеницы с помощью аллель-специфичных праймеров. 1 – 3 – родительские генотипы (Sonora 64, Фотон, ФЧЛ 2), 4 – 9 – почти изогенные линии (*Ppd-s, Ppd-0^s, Ppd-m, Ppd-0^m, Ppd-w, Ppd-0^w*), 10 – 11 – сорта Opata 85 и Synthetic

На рис.1 продемонстрирована электрофореграмма продуктов полимеразно-цепной реакции (ПЦР) с аллель-специфичными праймерами для гена *Ppd-D1* у трех родительских генотипов и шести почти изогенных линий, а также референтных генотипов Opata 85 и Synthetic. ПЦР позволяет различить рецессивную аллель чувствительных к фотопериоду генотипов (*Ppd-D1b*, размер фрагмента 414 п.н.) и доминантную аллель нечувствительных генотипов (*Ppd-D1a*, размер фрагмента 288 п.н.). Как и ожидалось, из всех проанализированных генотипов доминантная аллель *Ppd-D1a* обнаружена у родительского сорта Фотон, почти изогенной линии *Ppd-s*, а также у сорта Opata 85.

С использованием тех же аллель-специфичных праймеров для гена *Ppd-D1* были проанализированы образцы мягкой пшеницы из коллекции ВИР, поступившие в разные годы под наименованием Sonora, а также индийский сорт Sonalika, включенный в родословную сорта Фотон. Ранее выдвинуто предположение, что именно сорт Sonalika послужил донором доминантной аллели «сильного» гена *Ppd-D1* для сорта Фотон [10]. Проведенный

молекулярно-генетический анализ подтвердил эту гипотезу. Из всех образцов пшеницы, сохраняемых в коллекции ВИР под наименованием Sonora, носителем доминантной аллели гена *Ppd-D1* является образец к-45398, Sonora F64 (рис. 2).

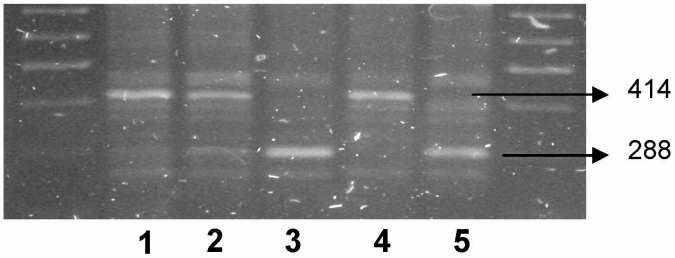


Рис. 2. Выявление доминантной (288 п.н.) и рецессивной (414 п.н.) аллелей гена *Ppd-D1* у образцов мягкой пшеницы коллекции ВИР, поступивших в разные годы под наименованием Sonora. 1 – к-20602, Sonora, 2 – к-45397, Sonora 63, 3 – к-45398, Sonora F64, 4 – к-45485, Sonora 37, 5 – к-45929, Sonalika.

С помощью микросателлитного анализа можно установить, какую именно родительскую аллель SSR-маркера унаследовала каждая изогенная линия в определенном локусе хромосомы. SSR-маркеры, разработанные Roder et al. [19], охватывают практически весь геном с частотой, в среднем, один маркер на 10 – 15 сМ, в связи с чем появляется возможность проанализировать гаплотип каждой изогенной линии, сравнив линии между собой и рекуррентным родителем ФЧЛ 2. Это позволяет выяснить, полиморфизм каких именно хромосомных сегментов определяет различия по фотопериодической чувствительности между родительскими генотипами ФЧЛ 2, Sonora 64 и Фотон. Дополнительное исследование с использованием SSR-маркеров показало, что фрагмент хромосомы 2D в интервале 73,4 – 81 сМ унаследован линией *Ppd-s* от родительского сорта Фотон – донора доминантной аллели «сильного» гена *Ppd-D1* (Е. А. Салина, неопубликованные данные). Чувствительная к длине дня сестринская линия $Ppd\text{-}0^s$ («рецессивный сибс»), отобранная параллельно с *Ppd-s* и несущая рецессивные аллели всех генов *Ppd*, по результатам микросателлитного анализа унаследовала этот хромосомный фрагмент от реккурентного родителя ФЧЛ 2.

Таким образом, с помощью гено-специфичных и микросателлитных маркеров удалось показать, что сорт Фотон и одна из почти изогенных линий *Ppd-s* являются носителями доминантной аллели гена *Ppd-D1*, локализованного на хромосоме 2D. Установлено, что изогенная линия *Ppd-s* унаследовала доминантную аллель *Ppd-D1* от родительского сорта Фотон, которому, как и предполагалось, эта аллель была передана от индийского сорта Sonalika.

Линия *Ppd-s* и остальные три почти изогенные линии прошли Государственное сортоиспытание и на них выданы патенты [6 – 9]. Созданная серия линий рекомендована к использованию во всех регионах Российской Федерации, возделывающих пшеницу. Наиболее значимые результаты могут быть получены в районах, расположенных южнее 40-й параллели. Эффективность использования данной серии в селекцентрах страны определяется тем, что при изучении всего четырех линий можно быстро и объективно установить оптимальные параметры создаваемых сортов в отношении генов, контролирующих фотопериодическую чувствительность растений.

Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ (проект № 09-04-00326-а).

Литература

1. *Аксенова Н. П., Баврина Т. В., Константинова Т. Н.* Цветение и его фотопериодическая регуляция. М.: «Наука», 1973.
2. *Кошкин В. А. и др.* Использование исходных форм яровой пшеницы со слабой фотопериодической чувствительностью для создания скороспелых продуктивных линий // Докл. РАСХН. 1994. № 2. С. 8 – 10.
3. *Кошкин В. А. и др.* Влияние генов *Ppd* на фитохром, фотопериодическую чувствительность, рост и

развитие изогенных линий пшеницы // Докл. РАСХН. 2004. № 1. С. 3 – 4.
4. *Кошкин В. А., Матвиенко И. И.* Способ отбора форм пшеницы различной скороспелости и фотопериодической чувствительности // Патент РФ № 2065697. 1996. 7 с.
5. *Кошкин В. А., Мережко А. Ф., Матвиенко И. И.* Влияние фотопериода и генов *Ppd* на морфофизиологические признаки гомозиготных линий пшеницы с различной фотопериодической чувствительностью // Докл. РАСХН. 1998. № 4. С. 8 – 10.
6. *Кошкин В. А., Мережко А. Ф., Матвиенко И. И.* Пшеница мягкая яровая Вировская 1 (Ppd^{S}) // Авт. св. РФ № 41562.
7. *Кошкин В. А., Мережко А. Ф., Матвиенко И. И.* Пшеница мягкая яровая Вировская 2 (Ppd^{m})// Авт. св. РФ № 41563.
8. *Кошкин В. А., Мережко А. Ф., Матвиенко И. И.* Пшеница мягкая яровая Вировская 3 (Ppd^{w}) // Авт. св. РФ № 41564.
9. *Кошкин В. А., Мережко А.Ф., Матвиенко И. И.* Пшеница мягкая яровая Вировская 4 (Ppd^{0})// Авт. св. РФ № 41509.
10. *Мережко А. Ф., Кошкин В. А., Матвиенко И. И.* Исходный материал для создания серии почти изогенных линий мягкой пшеницы с различной фотопериодической чувствительностью// Генетика. 1997. Т. 33, № 4. С. 384 – 393.
11. *Стельмах А. Ф., Авсенин В. И., Кучеров В. А., Воронин А. И.* Изучение роли генетических систем *Vrn* и *Ppd* у мягкой пшеницы // Вопросы генетики и селекции зерновых культур. КОЦ СЭВ. Одесса (СССР). НИИР Прага – Рузыне (ЧССР). 1987. Вып. 3. С. 125 – 132.
12. *Beales J., Turner A., Griffiths S., Snape J. W, Laurie D. A.* A pseudo-response regulator is misexpressed in the photoperiod insensitive Ppd-D1a mutant of wheat (*Triticum aestivum* L.) // Theor. Appl. Gen. 2007. V.115, № 5. P. 721 – 733.
13. *Bousquet J., Simon L., Lalonde M.* DNA amplification from vegetative and sexual tissues of trees using polyemerase chain reaction // Can. J. For. Res. 1990. V. 20. P. 254 – 257.
14. *Keim D. L., Welsh J. R., Mc Connel R. L.* Inheritance of Photoperiodic heading response in winter and spring cultivars of bread wheat // Can. J. Plant Sci. 1973. Vol. 53, № 2. P. 247 – 250.
15. *Korzun V.et al.* Genetic analysis of the dwarfing gene *Rht8* in wheat. I. Molecular mapping of *Rht8* in the short arm of chromosome 2D of bread wheat (*Triticum aestivum*) // Theor. Appl. Gen. 1998. V. 96. P. 1104 – 1109.
16. *Law C. N., Sutka J., Worland A. J.* A genetic study of day-length response in wheat // Heredity. 1978. V. 41. P. 185 – 191.
17. *McIntosh R. A. et al.* Catalogue of gene symbols for wheat//Proc. 10th Int. Wheat Gen. Symp. Italy, 2003. Vol. 4.
18. *Pirasteh B., Welsh J. R.* Monosomic analysis of photoperiod response in wheat // Crop Sci. 1975. V. 15. P. 503 – 505.
19. *Röder M. S. et al.* A microsatellite map of wheat // Genetics. 1998. V.149, № 4. P. 2007 – 2023.
20. *Scarth R., Law C. N.* The control of the day-length response in wheat by the group 2 chromosomes // Zeitshr. Pflanzenzücht. 1984. V. 93. P.140 – 150.
21. *Somers D. J., Isaac P, Edwards K.* A high-density microsatellite consensus map for bread wheat (*Triticum aestivum* L.) //Theor. Appl. Gen. 2004. V.109, № 6. P.1105 – 1114.
22. *Welsh J. R. et al.* Genetic control of photoperiod response in wheat // Proceed. of the 4th Intern. Wheat Gen. Symp. Missouri, 1973, P. 879 – 884.
23. *Yang F. P et al.* Distribution of the photoperiod insensitive *Ppd-D1a* allele in Chinese wheat cultivars // Euphytica. 2009. V. 165. P. 445 – 483.

НАСЛЕДОВАНИЕ СТЕПЕНИ РАСТРЕСКИВАНИЯ КОРОБОЧЕК У ПОДВИДОВ КУЛЬТУРНОГО ЛЬНА *LINUM USITATISSIMUM* L.

С. Н. Кутузова
Государственный научный центр РФ Всероссийский научно-исследовательский институт растениеводства им. Н. И. Вавилова РАСХН, Санкт-Петербург, Россия, e-mail: s.kutuzova@vir.nw.ru

Резюме

Проведено полное циклическое скрещивание между 10 образцами – типичными представителями от каждого подвида культурного льна *Linum usitatissimum* L., а также несколькими образцами, систематическая принадлежность которых пока неясна. В результате анализа F_1 и F_2 установлено, что, степень растрескивания коробочек контролируется 1 доминантным геном у представителей долгунцов, межеумков, кудряшей, колхидского льна и *L. angustifolium*, 2 доминантными генами – у *L. crepitans*, 1 рецессивным геном у *L. bienne*. Все гены наследуются независимо друг от друга, имеют разную экспрессивность, поэтому являются оригинальными. Предложены символы для обозначения этих генов.

INHERITANCE OF THE DEGREE OF BOLL DEHISCENCE IN SUBSPECIES OF *LINUM USITATISSIMUM* L.

S. N. Kutuzova

N. I. Vavilov All-Russian Research Institute of Plant Industry, St. Petersburg, Russia, e-mail: s.kutuzova@vir.nw.ru

Abstract

Complete diallelic crossing between 10 accessions, typical for each of *Linum usitatissimum* L. subspecies, and a number of accessions with unclear taxonomy was carried out. Analyses of F_1 and F_2 have shown that the degree of ball dehiscence is controlled by 1 dominant gene in fiber flax, intermediate type, oilseed flax, Colchian flax and *L. angustifolium*; by 2 dominant genes in *L. crepitans;* and by 1 recessive gene in *L. bienne.* All genes are inherited independently and have different expressivity, therefore they are considered to be original. Symbols for these genes are suggested.

Растрескиваемость коробочек у льна является важным таксономическим и хозяйственно ценным признаком. Так Е. В. Эллади [8], основываясь на этом признаке, все культивируемые нерастрескивающиеся льны отнесла к виду *L. indehiscens* (Neilr.) Vav. et Ell., а все растрескивающиеся – к виду *L. dehiscens* Vav. et Ell. И. А. Сизов [2], рассматривая культурный лен с точки зрения его селекционной ценности, на основании растрескиваемости коробочек отнес *L. crepitans* Dum. в отдельную разновидность и счел недостаточно ценным для селекционного использования. Однако образцы *L. crepitans* исключительно раннеспелы, многие из них имеют высокое качество волокна. Знание наследования признака позволит использовать их в селекции.

Рассматривая систематику льна, одни исследователи относят лен с растрескивающимися коробочками – *L .crepitans* – к группе культурного льна в ранге подвида, или разновидности [1, 2, 4, 8, 13], другие считают самостоятельным видом [5, 15], третьи – формой культурного льна [3, 6].

Другой лен с растрескивающимися коробочками – дикорастущий *L. angustifolium* (Huds.), вероятный предок культурного льна, – одни авторы считают самостоятельным видом [2, 3, 5, 10, 13, 15], другие причисляют к формам культурного льна в ранге подвида [9, 11, 14].

По степени раскрытия коробочек у льна при созревании известно 3 типа растений: с растрескивающимися, частично растрескивающимися и закрытыми. Полностью растрескивающиеся коробочки имеет *L. crepitans*, та или иная величина отверстия присуща значительной части культурного льна – многим местным и кряжевым долгунцам России, некоторым отечественным и европейским сортам льна-долгунца, а также значительной части сортов льна, выращиваемых в США. Закрытый тип коробочек характерен для масличных льнов – межеумков, кудряшей и крупносемянных. Среди кудряшей Индии распространены формы с очень твердыми, трудно обмолачиваемыми коробочками.

Наиболее капитальной работой о наследовании растрескиваемости коробочек у льна является исследование T. Tammes, в котором изучались гибриды F_1 и F_2 от реципрокных скрещиваний между *L. crepitans*, египетским (т. е. крупносемянным) льном, местным российским долгунцом и *L. angustifolium.* Было установлено, что этот признак является

доминантным и контролируется 2 – 4 независимыми генами, каждый из которых может определять конкретную степень выражения признака [15]. Полурастрескивающийся тип коробочек доминирует над закрытым и контролируется двумя генами [13].

Целью настоящего исследования было изучение наследования признака «растрескиваемость коробочек» у всех подвидов культурного льна (в соответствии с последней классификацией) [6]. Для этого было отобрано по одному наиболее характерному представителю каждого подвида, образец *L. angustifolium*, который некоторые исследователи, как было показано выше, причисляют к культурному льну, а также следующие образцы: колхидский лен, кудряш из Эфиопии и полуозимый лен из Югославии. Систематическая принадлежность последних пока не совсем ясна. В качестве представителя subsp. *bienne* (Mill.) Stankev. – полуозимого льна – мы использовали однолетний образец *L. bienne* (Mill.), морфологически почти не отличающийся от *L. angustifolium*, но имеющий нерастрескивающиеся коробочки. Между всеми образцами проведено полное циклическое скрещивание.

Гибриды F_1 изучали на опытном поле Пушкинского филиала ВИР в 2006 г. при разреженном посеве (ширина междурядья 20 см, расстояние в ряду 0,8 см). F_2 высевали по той же схеме в 2007 г., всего анализировали до 120 растений. Степень растрескивания коробочек после длительного пребывания снопов в отапливаемом помещении оценивали в соответствии с классификатором ВИР [7] по девятибалльной шкале, принимая коробочки с отверстием 0 – <1 мм за нерастрескивающиеся (балл 0), >1 – <2 – слабая растрескиваемость (балл 1); 2 – 3 мм, при котором наблюдалось выпадение мелких семян (*L. bienne*, *L. angustifolium*, колхидский лен) – за среднерастрескивающиеся (балл 2 – 3), 4 – 6 мм – за сильно растрескивающиеся (балл 5 – 7), >6 – очень сильно растрескивающиеся (балл 9). Максимальная степень растрескивания наблюдалась только у *L. crepitans*. При анализе гибридов между слаборастрескивающимися образцами балл 1 условно рассматривали как растрескиваемость. Экспрессивность генов, контролирующих степень растрескивания коробочек, вычисляли как средневзвешенный балл растрескивания всех растений в выборке.

Степень растрескивания материнских растений приведена в табл. 1.

Таблица 1. Оценка растрескивания коробочек у образцов льна, включенных в гибридизацию

Образец	Происхождение	№ по каталогу ВИР	Подвид	Балл
К-6	Россия	6815	долгунец	1
Воронежский 1308	"	5579	межеумок	0
Бахмальский	"	6056	кудряш	0
Марокко	Марокко	7131	крупносемянный	0
Эфиопия	Эфиопия	2161	кудряш	0
Ozimi	Югославия	5538	межеумок	0
L. crepitans	Германия	7689	прыгунец	9
L. bienne	США	и-303794	полуозимый	0,5
Колхидский	Грузия	и-099849	"	0,5
L. angustifolium	Германия	и-595850	дикорастущий	3,5

В F_1 все гибриды с *L. crepitans* и *L. angustifolium* имели растрескивающиеся коробочки. Расщепление в F_2 выявило наличие у разных образцов разного количества генов растрескивания с различной экспрессивностью. У сорта льна-долгунца К-6, коробочки которого имеют склонность растрескиваться на балл 1, обнаружился 1 доминантный ген, детерминирующий у гибридов с нерастрескивающимися образцами растрескивание на балл 0,3 – 0,7 и (табл. 2).

Таблица 2. Анализ расщепления по растрескиваемости коробочек у гибридов F_2 с сортом К-6

Комбинация скрещивания	Степень растрескивания, балл					Расщепление		χ^2	Гены		
	0	1	2 – 3	5 – 7	9	фактич.	теорнт.		число	характер	экспресс.
К-6 × Воронежский	25	74	0	0	0	25 : 74	1 : 3	0,02	1	Домин.	0,5
Воронежский × К-6	30	71	0	0	0	30 : 71	1 : 3	1,18	1	"	0,7
К-6 × Бахмальский	22	65	0	0	0	22 : 65	1 : 3	0,02	1	"	0,7
Бахмальский × К-6	22	55	3	0	0	22 : 58	1 : 3	0,27	1	"	0,7
К-6 × Марокко	55	21	0	0	0	55 : 21	3 : 1	0,28	1	Рецесс.	0,3
Марокко × К-6	60	15	0	0	0	60 : 15	3 : 1	1,01	1	"	0,2
К-6 × Эфиопия	25	67	0	0	0	25 : 67	1 : 3	0,23	1	Домин.	0,7
Эфиопия × К-6	18	46	0	0	0	18 : 46	1 : 3	1,9	1	"	0,7
К-6 × Ozimi	19	59	2	0	0	19 : 61	1 : 3	0,07	1	"	0,8
Ozimi × К-6	16	60	0	0	0	16 : 60	1 : 3	0,63	1	"	0,8
К-6 × Колхидский	36	41	0	0	0	36 : 41	7 : 9	0,3	2	Аддит.	0,5
Колхидский × К-6	7	71	19	0	0	7 : 90	1 : 15	0,14	2	Домин.	1,5

Исключение составил образец из Марокко, у гибрида с которым проявился 1 рецессивный ген. В исследованиях T. Tammes [16] также было указано, что коробочки гибридов египетского льна с долгунцом со слаборастрескивающимися коробочками практически не растрескивались. В наших опытах у гибридов из Марокко с другими образцами во всех случаях наблюдался дефицит растрескивающихся форм. Расщепление F_2 с *L. bienne* (табл. 3) показало, что, несмотря на очень слабое растрескивание коробочек у растений этого подвида, у гибридов с ним появились коробочки с баллом 2 – 3, а экспрессивность гена составила 0,9 – 1,3 балла.

С сортом К-6 в прямом и обратном скрещиваниях выявились 2 гена с неполным доминированием: как было показано выше, один доминантный ген принадлежит сорту К-6. Со всеми нерастрескивающимися образцами расщепление указывает на наличие одного рецессивного гена, причем у гибридов из Марокко наблюдается дефицит растений с растрескивающимися коробочками. У гибридов с колхидским льном, так же как с К-6, выявились 2 гена с неполным доминированием. Как будет показано ниже, второй ген принадлежит колхидскому льну. У реципрокного гибрида выявлен только один рецессивный ген, т. е. существует дефицит растрескивающихся коробочек.

Таблица 3. Анализ расщепления по растрескиваемости коробочек у гибридов F_2 с *L. bienne*

Комбинация скрещивания	Степень растрескивания, балл					Расщепление		χ^2	Гены		
	0	1	2 – 3	5 – 7	9	факт.	теорет.		число	характер	экспресс.
L. bienne × К-6	1	46	45	0	0	47 : 45	9 : 7	0,97	2	Аддит.	1,7
К-6 × *L. bienne*	2	44	46	6	0	46 : 52	7 : 9	0,48	2	"	1,9.
L. bienne × Воронежский	19	38	24	0	0	57 : 24	3 : 1	0,92	1	Рецесс.	1,2
Воронежский × *L. bienne*	10	64	20	0	0	74 : 20	3 : 1	0,78	1	"	1,1
L. bienne × Бахмальский	13	58	28	0	0	71 : 28	3 : 1	0,59	1	"	1,2
Бахмальский × *L. bienne*	10	63	26	0	0	73 : 26	3 : 1	0,22	1	"	1,2
L. bienne × Марокко	41	47	5	0	0	88 : 5	3 : 1	14,4*	1	"	0,7
Марокко × *L. bienne*	8	54	19	0	0	62 : 19	3 : 1	0,1	1	"	1,1
L. bienne × Эфиопия	3	43	23	0	0	46 : 23	3 : 1	2,51	1	"	1,2
Эфиопия × *L. bienne*	3	64	19	0	0	67 : 19	3 : 1	0,39	1	"	1,3
L. bienne × Колхидский	6	46	36	0	0	52 : 36	9 : 7	0,29	2	Аддит.	1,5
Колхидский × *L. bienne*	10	51	22	0	0	61 : 22	3 : 1	0,11	1	Рецесс.	1,3

*Дефицит растрескивающихся генотипов.

У колхидского льна, коробочки которого растрескиваются слабо, признак наследуется одним доминантным геном (табл. 4) с малой экспрессивностью – балл 0,3 – 0,8. В комбинации Колхидский × К-6 выявлено 2 доминантных гена, у реципрокного гибрида – 2 доминантных гена с не полным доминированием, связанным с недостатком растрескивающихся форм.

Таблица 4. Анализ расщепления по растрескиваемости коробочек у гибридов F_2 с колхидским льном

Комбинация скрещивания	Степень растрескивания, балл					Расщепление		χ^2	Гены		
	0	1	2 – 3	5 – 7	9	факт.	теорет.		число	характер	экспресс.
Колхидский × К-6	7	22	19	0	0	7 : 90	1 : 15	0,14	2	Домин.	0,7
К-6 × Колхидский	36	43	0	0	0	36 : 43	7 : 9	0,12	2	Аддит.	0,5
Колхидский × Воронежский	23	81	0	0	0	23 : 81	1 : 3	0,46	1	"	0,9
Воронежский × Колхидский	21	42	26	0	0	21 : 68	1 : 3	0,10	1	"	1,2
Колхидский × Бахмальский	28	63	0	0	0	28 : 63	1 : 3	1,65	1	"	0,7
Бахмальский × Колхидский	75	27	0	0	0	75 : 27	3 : 1	0,12	1	Рецесс.	0,3
Колхидский × Марокко	74	20	0	0	0	74 : 20	3 : 1	0,69	1	"	0,2
Марокко × Колхидский	66	29	0	0	0	66 : 29	3 : 1	1,69	1	"	0,3
Колхидский × Эфиопия	22	81	4	0	0	22 : 85	1 : 3	1,15	1	Домин.	0,8
Эфиопия × Колхидский	28	72	0	0	0	28 : 72	1 : 3	0,48	1	"	0,7
Колхидский × Ozimi	20	70	4	0	0	20 : 74	1 : 3	0,69	1	"	0,8
Ozimi × Колхидский	21	70	1	0	0	21 : 71	1 : 3	0,23	1	"	0,8
Колхидский × *L. crepitans*	0	1	24	44	19	1 : 87	1 : 63	0,11	3	"	5,6
L. crepitans × Колхидский	0	1	37	55	13	1 : 105	1 : 63	0,26	3	"	5,1
Колхидский × *L. bienne*	10	51	22	0	0	61 : 22	3 : 1	0,07	2	Рецесс.	2,0
L. bienne × Колхидский	6	46	36	0	0	52 : 36	9 : 7	0,29	2	Аддит.	1,6
Колхидский × *L.angustifolium*	2	5	42	29	15	7 : 86	1 : 15	0,21	2	Домин.	4,5
L.angustifolium × Колхидский	1	7	44	25	8	8 : 77	1 : 15	1,47	2	"	3,9

У гибридов F_2 с *L. angustifolium* (табл. 5) расщепление с сортом К-6, с *L. bienne* и колхидским льном свидетельствует о наличии двух доминантных генов. Во всех других комбинациях присутствует 1 доминантный ген, значит, растрескивание коробочек у него контролируется 1 доминантным геном с экспрессивностью 2,3 – 3 балла. Гибридные растения в комбинациях Эфиопия × *L. angustifolium* и *L. bienne* × *L. angustifolium* оказались гаплоидными и погибли. В комбинации *L. angustifolium* × Эфиопия только одно растение (26 семян F_2) оказалось диплоидным и было проанализировано на растрескиваемость, подтвердив наследование 1 доминантным геном.

Таблица 5. Анализ расщепления по растрескиваемости коробочек у гибридов F_2 с *L. angustifolium*

Комбинация скрещивания	Степень растрескивания, балл					Расщепление		χ^2	Гены		
	0	1	2–3	5–7	9	факт.	теорет.		число	характер	экспресс.
L. angustifolium × К-6	0	5	51	35	3	5 : 89	1 : 15	0,14	2	Домин.	3,9
К-6 × *L. angustifolium*	1	2	29	37	8	3 : 74	1 : 15	0,72	2	"	4,8
L. angustifolium × Воронежский	1	21	70	4	0	22 : 74	1 : 3	0,22	1	"	2,3
Воронежский × *L. angustifolium*	2	17	72	10	0	19 : 72	1 : 3	0,06	1	"	2,6
L. angustifolium × Бахмальский	5	23	57	8	0	28 : 65	1 : 3	1,27	1	"	2,3

Бахмальский × *L.angustifolium*	1	21	61	11	0	22 : 72	1 : 3	0,13	1	"	2,5
L. angustifolium × Марокко	7	25	53	19	1	32 : 73	1 : 3	1,83	1	"	2,7
Марокко × *L. angustifolium*	7	20	58	12	1	27 : 71	1 : 3	0,33	1	"	2,5
L. angustifolium × Эфиопия	0	4	17	4	1	4 : 22	1 : 3	1,28	1	"	3,0
Эфиопия × *L. angustifolium*	Гаплоиды										
L. angustifolium × Ozimi	1	21	63	13	0	22 : 76	1 : 3	0,34	1	"	2,6
Ozimi × *L. angustifolium*	4	17	68	7	1	21 : 76	1 : 3	0,56	1	"	2,5
L. angustifolium × *L. bienne*	7	47	51	0	0	54 : 51	9 : 7	2,47	2	Аддит.	1,7
L. bienne × *L. angustifolium*	Гаплоиды										
L. angustifolium × Колхидский	1	7	44	25	8	8 : 77	1 : 15	1,46	2	Домин.	3,9
Колхидский × *L. angustifolium*	2	5	42	29	15	7 : 86	1 : 15	0,27	2	"	4,5

Анализ гибридов с *L. crepitans* (табл. 6) обнаружил наличие двух доминантных генов у этого образца и подтвердил все приведенные выше данные о числе и характере генов, контролирующих растрескивание коробочек у изучавшихся представителей подвидов льна.

Таблица 6. Анализ расщепления по растрескиваемости коробочек у гибридов F_2 с L. crepitans

Комбинация скрещивания	Степень растрескивания, балл					Расщепление		χ^2	Гены		
	0	1	2 – 3	5 – 7	9	факт.	теорет.		число	характер	экспресс.
L. crepitans × К-6	0	4	4	69	14	4 : 87	1 : 63	0,53	3	Домин.	6,1
К-6 × *L. crepitans*	0	2	11	47	18	2 : 76	1 : 63	1,83	3	"	6,1
L. crepitans × Воронежский	1	3	31	40	15	4 : 86	1 : 15	0,53	2	"	5,1
Воронежский × *L. crepitans*	1	3	37	39	11	4 : 87	1 : 15	0,54	2	"	4,7
L. crepitans × Бахмальский	2	6	70	16	4	8 : 90	1 : 15	0,62	2	"	3,2
Бахмальский × *L. crepitans*	1	4	41	21	10	5 : 72	1 : 15	0,01	2	"	4,2
L. crepitans × Марокко.	1	5	42	18	4	6 : 64	1 : 15	0,62	2	"	3,6
Марокко × *L. crepitans*	2	5	70	15	1	7 : 86	1 : 15	0,27	2	"	3,0
L. crepitans × Эфиопия	0	9	53	23	9	9 : 85	1 : 15	1,78	2	"	3,8
Эфиопия × *L. Crepitans*	1	8	58	20	10	9 : 88	1 : 15	1,47	2	"	3,7
L. crepitans × Ozimi	1	5	59	32	2	6 : 93	1 : 15	0,01	2	"	3,7
Ozimi × *L. crepitans*	1	6	25	47	20	7 : 92	1 : 15	0,65	2	"	5,3
L. crepitans × *L. bienne*	0	2	26	30	23	2 : 79	1 : 63	0,43	3	"	5,6
L. bienne × *L.crepitans*	0	1	13	59	25	1 : 97	1 : 63	0,18	3	"	6,2
L. crepitans × Колхидский	0	1	37	55	13	1 : 105	1 : 63	0,22	3	"	5,1
Колхидский × *L. crepitans*	0	1	24	44	19	1 : 87	1 : 63	0,11	3	"	5,6
L.crepitans × *L.angustifolium*	Гаплоиды										
L.angustifolium × *L.crepitans*	"										

Расщепление гибридов *L. crepitans* с К-6, *L. bienne* и колхидским льном обнаружило по 3 доминантных гена. Выборка гибридных растений при этом оказалась недостаточной, но χ^2 имел низкое значение. В комбинациях *L. crepitans* с нерастрескивающимися масличными льнами во всех случаях выявилось 2 доминантных гена с суммарной экспрессивностью 3,2 – 5,3 балла.

Гибриды *L. crepitansL.* × *L. angustifolium* и реципрокные не были проанализированы, так как дали гаплоидные растения F_1, которые погибли. В работе T. Tammes [16] эти гибриды также не обсуждались, хотя оба подвида участвовали в скрещиваниях.

Все обнаруженные в нашем исследовании гены проявляются независимо друг от друга, вызывают характерную, свойственную им степень растрескивания, следовательно они расположены в разных хромосомах. Таким образом, при изучении различных подвидов льна обнаружено 6 независимых генов растрескивания коробочек (табл. 7).

Таблица 7. Число, характер выявленных в исследовании генов растрескиваемости и предлагаемый символ

Образец	№ по каталогу ВИР	Подвид	Гены растрескиваемости			
			число	характер	экспрессивность	символ
К-6	6815	Долгунец	1	Доминантный	0,2 – 0,8	*Cr1*
L. crepitans	7689	Прыгунец	2	"	3,2 – 5,3	*Cr2, Cr3*
L. bienne	и-303794	Полуозимый	1	Рецессивный	0,7 – 1,2	*cr4*
Колхидский	и-099849	"	1	Доминантный	0,3 – 1,2	*Cr5*
L. angustifolium	и-595850	Дикорастущий	1	"	2,3 – 3,0	*Cr6*

Ген сорта К-6 – *Cr1* (от crack) – вызывает при гибридизации с нерастрескивающимися генотипами величину растрескивания на балл 0,2 – 0,8.

Гены, локализованные в образце *L. crepitans* – *Cr2* и *Cr3*, вызывают у гибридов наиболее сильное растрескивание – балл 3,2 – 5,3.

Ген *L. bienne cr4* действует как рецессивный, почти не проявляется при гибридизации с Марокко – появляются единичные коробочки с баллом 1 в части соцветий. С другими нерастрескивающимися подвидами проявляет экспрессивность: 0,7 – 1,2. Однако в скрещивании с *L. crepitans* (при недостаточной выборке – 81 и 98 растений вместо 315) вел себя как доминантный ген.

Ген образца Колхидский лен *Cr5* вызывает реакцию 0,3 – 1,2.

Ген дикорастущего вида *L. angustifolium Cr6* вызывает растрескивание 2,3 – 3,0 балла.

Литература

1. *Лемеш В. А., Хотылева Л. В.* Изучение генетического родства льна культурного и его ближайших диких сородичей с использованием RAPD-маркеров / Генетика в 21-м веке: современное состояние и перспективы развития. М., 2004. 108 с.
2. *Сизов И. А.* Лен. 1955. 54 с.
3. *Синская Е. Н.* Классификация льна как исходного материала для селекции и его эволюция // Сб. работ по биологии развития и физиологии льна. М., 1954. С. 45 – 102.
4. *Тоблер Ф. К.* Лен. 1931. 239 с.
5. *Хржановский В. Г., Пономоренко С. Ф., Догузошвили В. А.* К вопросу о происхождении и эволюции рода *Linum* L. сем. *Linaceae* // Изв. АН СССР. Сер. биол. М., 1979. № 5. С. 696 – 713.
6. *Черноморская Н. М., Станкевич А. К.* К вопросу о внутривидовой классификации льна обыкновенного (*L. usitatissimum* L.) //Сел. и ген. техн. культур. Л.: ВИР, 1987 Т.113. С.53 – 63.
7. Широкий унифицированный классификатор СЭВ вида *L. usitatissimum* L. // Сост.: Р. Рыкова, С. Кутузова. Л.: ВИР, 1987. 21 с.
8. *Эллади Е. В. Linum usitatissimum* L. var. *consp.* Nov. // Лен. Культурная флора СССР. 1940. Т. 5. С. 109 – 208.
9. *Эллади Е. В.* Лен. Л., 1928. С. 14 – 48.
10. *Юзепчук С. В.* Льновые – *Linaceae* //Флора СССР. Т.14. М. – Л., 1949. С. 94 – 103.
11. *Jermanos D. M., Gill K. S.* Cytology of autotetraploides of *L. usitatissimum* L. and *L. angustifolium* Huds. and their amphidiploid hybrids // Crop Sci. 1969. V. 9, № 12. P. 249 – 250.
12. *Kendall H. F., Rhinehart J., Clyde I.* Flax. 1955. P. 230 – 287.
13. *Kulpa W., Dannert S.* Zur Systematic von *Linum usitatissimum* L. // Die Kulturpflanze. 1962. V. 3. P. 341 – 388.
14. *Plonka F.* Les varietes de lin.1956.
15. *Rothmaler W.* Sorbe a sistematica e a sociologia dos linos de Portugal // Agron. Lusitana. 1944. V. 6. P. 253 – 279.
16. *Tammes T.* Das Verhalten fluktuirend variirender Merkmale bei der Bastardierung // Rec. Trav. bot. Neerl. 1911. V. 8. P. 201 – 288.

СОРТА-ПОПУЛЯЦИИ СТОЛОВОЙ МОРКОВИ КАК СТРАТЕГИЧЕСКИЙ КОМПОНЕНТ ПРОДОВОЛЬСТВЕННОЙ И ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ БЕЗОПАСНОСТИ РОССИИ

В. И. Леунов, А. Н. Ховрин, Т. Э. Клыгина, Е. В. Янченко
Всероссийский научно-исследовательский институт овощеводства РАСХН, Россия,
Московская область, Раменский район, деревня Верея, строение 500

Резюме

Во Всероссийском НИИ овощеводства в 2005 – 2008 гг. были проведены исследования по сравнительной оценке сортов моркови отечественной и иностранной селекции по урожайности, качеству, пригодности к длительному хранению на трех фонах питания: 1-без удобрений, 2-$N_{60}P_{60}K_{120}$, 3-$N_{120}P_{120}K_{240}$. В результате было выявлено, что повышенная урожайность сортов отечественной селекции получена на фоне без удобрений и на фоне расчетной дозы полного минерального удобрения $N_{60}P_{60}K_{120}$ – 38,7 – 48,5 т/га, с высоким выходом товарной продукции до 80,1%, зарубежной селекции – на фоне двойной дозы NPK – 43,3 – 55,0 т/га, с выходом стандартной продукции до 84,8%. При этом отечественные сорта уступали зарубежным по содержанию витамина С (3,2 – 5,9 мг/100г против 4,7 – 5,9 мг/100г), но значительно превосходили по содержанию каротиноидов (13,2 – 23,1 мг/100г против 13,6 – 16,6 мг/100г). Повышенным содержанием каротиноидов характеризовались отечественные сорта Витаминная 6 (21,9 мг/100г) и Лосиноостровская 13 (21,0 мг/100г). Отечественные сорта-популяции столовой моркови могут быть востребованы как стратегический компонент продовольственной и экологической безопасности России.

SORT-POPULATIONS OF CARROTS AS A STRATEGIC COMPONENT OF FOOD AND ECOLOGICAL SAFETY OF RUSSIA

V. I. Leunov, A. N. Chovrin, T. E. Klygina, E. V. Yanchenko
All-Russia scientific research institute of vegetable growing, Russia,
Moscow region, Ramenski district, v. Vereja, b. 500

Abstract

In the All-Russia scientific research institute of vegetable growing in 2005 – 2008 researches by a comparative estimation of sort populations of domestic and foreign selection on productivity, quality, suitability to long storage on three level mineral nutrition 2008 have been conducted: 1 – without fertilizers, 2 – $N_{60}P_{60}K_{120}$, 3 – $N_{120}P_{120}K_{240}$. It has been as a result revealed that the increased productivity of sorts of domestic selection is received on against without fertilizers and against a settlement dose of complete mineral fertilizer $N_{60}P_{60}K_{120}$ – 38,7-48,5 t/hectares with a high exit of a commodity output to 80,1%, foreign selection – against double dose NPK – 43,3-55,0 t/hectares with an exit of standard production to 84,8%. Sorts of carrots of domestic selection surpassed foreign in carotinoids (13,2 – 23,1 mg/100g against 13,6 – 16,6 mg/100g), but conceded on vitamin C (3,2 – 5,9 mg/100g against 4,7 – 5,9 mg/100g). Domestic sorts-populations of carrots can be claimed, as a strategic component of food and ecological safety of Russia.

Введение

Площадь посева под морковью столовой в России ежегодно составляет 100 – 120 тыс. га. Значительная доля среди сортимента принадлежит гибридам, и она увеличивается с каждым годом. Среди гибридов основная часть – иностранные, в первую очередь голландские. Использование на посев семян гибридов сопровождается полным технологическим обеспечением (полный набор современной сельскохозяйственной техники, средств защиты, комплекс минеральных удобрений). В связи с этим селекция сортов и гибридов моркови столовой в Европе ведется на фонах с повышенным применением минеральных удобрений. Это приводит к тому, что европейский сортимент способен давать высокие урожаи только при высоких дозах удобрений.

Селекция моркови столовой в России развивалась другим путем. Во-первых, она началась на 150 лет позже, чем в Европе. Во-вторых, она сразу же началась в нескольких географических зонах, различных по климатическим и почвенным условиям (Московская,

Воронежская, Ростовская области, Алтайский и Приморский края). В это время создавались сорта-популяции, которые отличались относительно высокой урожайностью и пластичностью. Созданные в этот период сорта Шантенэ 2461, Нантская и Московская зимняя А 515 возделывались более 30 лет практически на всей территории России.

Следует отметить, что наряду с сортами, созданными учеными-селекционерами, во многих регионах России вплоть до начала 50-х годов прошлого века использовались сорта народной селекции, так называемые местные сорта. Они также служили исходным материалом для научной селекции. В настоящее время они практически исчезли, так как первичным семеноводством их никто не занимается.

С конца 50-х годов прошлого века была развернута селекционная работа по созданию сортов-популяций с высоким содержанием каротина, одновременно пластичных и урожайных. В результате этой работы селекционерами Б. В. Квасниковым, Т. А. Белик и Н. И. Жидковой были созданы сорта Витаминная 6, Лосиноостровская 13 и НИИОХ 336. Содержание каротина в корнеплодах этих сортов составляло у производителей 18-20 мг/100г, урожайность достигала 80 – 100 т/га. Эти сорта не потеряли своей популярности по настоящее время и используются в качестве доноров ценных признаков в гетерозисной селекции.

В 60-х годах в мировой селекционной практике, а в 80-х годах в отечественной началась работа по созданию гибридов F_1 моркови столовой на основе признака ЦМС. При создании такого гибрида участвуют 3 линии: стерильная – с признаком ЦМС, линия-восстановитель стерильности и фертильная линия-опылитель. Корнеплоды гибридов моркови столовой отличаются выровненностью и внешней привлекательностью. Создаются серии гибридов для определенных целей – переработки, хранения, уборки на пучок и др.

Прогресс в генной инженерии и биотехнологии позволил создавать новые гибриды с признаками, которых в природе не существует: устойчивостью к определенным гербицидам, устойчивостью к повреждениям насекомыми и др. В результате сорта-популяции ушли с крупнотоварного рынка семян. С биологической точки зрения это приводит к «обеднению» исходного генетического потенциала моркови столовой. Проблема стала общемировой. В 1985 г. была создана некоммерческая организация – Всемирный Альянс органических семян. Органические семена – это семена сортов-популяций, выращенные без применения средств защиты растений, минеральных удобрений. В задачи Альянса входит сохранение сортов-популяций (органических семян), обладающих природной пластичностью к различным эколого-географическим факторам, устойчивостью к поражению болезнями и вредителями.

Результаты исследований и их обсуждение

В 2005 – 2008 гг. в ГНУ ВНИИ овощеводства проведены исследования по сравнительной оценке сортов моркови отечественной и зарубежной селекции на трех фонах минерального питания: 1-без удобрений, 2-$N_{60}P_{60}K_{120}$, 3-$N_{120}P_{120}K_{240}$ по урожайности, качеству, пригодности к длительному хранению. Дозы внесения полного минерального удобрения оказывали значительное влияние на урожайность столовой моркови (табл.1).

У отечественных сортов прибавка урожайности от использования минеральных удобрений в расчетной дозе $N_{60}P_{60}K_{120}$ по сравнению с контролем (без удобрений) была существенной и составила 5,6 т/га по общей урожайности и 7,5 т/га по стандартной ее части. Высокой отзывчивостью на внесение $N_{60}P_{60}K_{120}$ отличались Лосиноостровская 13 и Рогнеда (прибавка по сравнению с контролем 6 т/га). Повышенная доза ($N_{120}P_{120}K_{240}$) удобрений незначительно увеличивала общую урожайность по сравнению с расчетной (на 1,6 т/га), при этом снижался выход стандартной продукции из-за увеличения доли треснувших и разветвленных корнеплодов.

Зарубежные сорта на фонах питания – без удобрений и $N_{60}P_{60}K_{120}$ – уступали отечественным сортам по урожайности, что свидетельствует о том, что отечественные сорта лучше используют естественное плодородие почвы. Урожайность зарубежных сортов моркови на фоне $N_{120}P_{120}K_{240}$ была максимальной, в пределах 43,3 – 55,0 т/га с высоким

выходом товарной продукции (в среднем 84,8%), что выше по сравнению с фоном $N_{60}P_{60}K_{120}$. Максимальная прибавка урожайности в 6,6 т/га отмечена у сорта Роте Ризен (Германия).

Таблица 1. Урожайность сортов моркови столовой, 2005 – 2007 гг.

Сорт	Фон питания					
	без удобрений		NPK		2NPK	
	Общая урожайность, т/га	Выход стандартной продукции, %	Общая урожайность, т/га	Выход стандартной продукции, %	Общая урожайность, т/га	Выход стандартной продукции, %
Витаминная 6 (РФ) – контроль	33,2	79,4	38,7	82,1	40,5	84,0
Лосиноостровская 13 (РФ)	39,5	63,3	45,5	76,6	47,3	69,0
НИИОХ 336 (РФ)	38,3	73,5	44,0	83,9	44,7	79,4
Рогнеда (РФ)	41,3	76,8	47,3	79,9	49,6	76,0
Шантенэ 2461 (РФ)	43,8	72,7	48,5	81,7	50,0	74,0
Берликум (Нидерланды)	37,5	76,0	44,2	76,2	49,3	81,9
Роте Ризен (Германия)	39,9	72,4	48,4	79,2	55,0	83,5
Шантенэ Роял (РФ)	38,2	71,7	46,8	78,6	50,8	85,4
Форто (Нидерланды)	31,9	75,8	39,1	85,0	43,3	88,5
Среднее	38,2	73,5	44,7	80,4	47,8	80,2
Среднее по отечественным сортам	39,2	73,1	44,8	80,8	46,4	76,5
Среднее по зарубежным сортам	36,9	74,0	44,6	79,8	49,6	84,8
$НСР_{05}$	3,3 – 4,5					

Наибольшей урожайностью на всех фонах минерального питания характеризовались сорта: отечественный Шантенэ 2461 и немецкий Роте Ризен.

Биохимические анализы проводили на образцах моркови, выращенных на фоне расчетных норм полного минерального удобрения (табл. 2).

Таблица 2. Биохимический состав корнеплодов моркови в период уборки (сентябрь) и после хранения (апрель), 2005 – 2008 гг.

Сорт	Сухое вещество, %		Сумма сахаров,%		Аскорбиновая кислота, мг/100г		Каротиноиды, мг/100г		Нитраты, мг/кг	
	до хранения	после хранения	до хранения	после хранения	до хранения	после хранения	до хранения	после хранения	до хранения	после хранения
Витаминная 6 (РФ) – контроль	12,0	10,1	6,0	4,3	4,2	3,4	21,9	16,4	145	117
Лосиноостровская 13 (РФ)	12,5	10,4	6,4	4,2	3,2	2,8	21,0	14,8	128	106
НИИОХ 336 (РФ)	12,9	11,2	6,4	4,1	4,7	2,3	19,5	14,6	150	153
Рогнеда (РФ)	10,8	9,7	6,3	4,2	5,9	2,4	18,4	13,0	141	115
Шантенэ 2461 (РФ)	9,5	8,2	5,6	3,1	4,2	3,2	13,2	11,0	157	113
Берликум (Нидерланды)	12,8	11,5	6,4	4,4	5,9	2,3	16,6	12,1	179	179
Роте Ризен (Германия)	11,9	10,8	6,2	3,6	5,6	3,4	14,8	12,5	163	161
Шантенэ Роял (РФ)	10,3	9,1	5,9	3,5	4,7	2,9	13,6	9,7	176	183
Форто (Нидерланды)	11,8	10,5	6,4	3,8	5,0	2,5	16,4	12,0	168	171
Среднее	11,6	10,2	6,2	3,9	4,8	2,8	17,3	12,9	156	144
Среднее по отечественным сортам	11,5	9,9	6,1	4,0	4,4	2,8	18,8	14,0	144	121
Среднее по зарубежным сортам	11,7	10,5	6,2	3,8	5,3	2,8	15,4	11,6	172	174

Сорта моркови отечественной и зарубежной селекции накапливали в корнеплодах приблизительно одинаковое количество сухих веществ (9,5 – 12,9% против 10,3 – 12,8%). Разброс по накоплению сахаров был небольшим: у отечественных в пределах 5,6 – 6,4%, у зарубежных – 5,9 – 6,4%. По содержанию каротиноидов зарубежные сорта уступали отечественным (13,6 – 16,6 мг/100г против 13,2 – 23,1 мг/100г). Повышенным содержанием каротиноидов характеризовались Витаминная 6 и Лосиноостровская 13 (21,8 и 21 мг/100г соответственно).

Содержание нитратов – важный показатель при оценке качества продукции. Установлены предельно допустимые количества (ПДК) нитратов в корнеплодах моркови поздних сроков уборки – 250 мг/кг. Содержание нитратов у всех сортообразцов в среднем за 3 года было ниже ПДК, свидетельствуя о том, что доза азота N_{60} под морковь экологически безопасна.

По истечении 7 мес. хранения (табл. 2) выявлено снижение содержания почти всех показателей качества моркови, при этом сохранялись выявленные по биохимическим показателям сортовые различия.

Лежкоспособность корнеплодов сортов моркови столовой отечественной и зарубежной селекции после 7 мес. хранения при температуре 0+1°С и влажности воздуха ОВВ 90 – 95% оценивалась по балльной шкале Госсортиспытания следующим образом: 5 баллов (сохраняемость › 95%) – Берликум; 4 балла (сохраняемость 95 – 90%) – Лосиноостровская 13, НИИОХ 336, Рогнеда, Роте Ризен, Шантенэ Роял и Форто; 3 балла (сохраняемость 80 – 90%) – Витаминная 6 и Шантенэ 2461 (табл. 3).

Таблица 3. Сохраняемость корнеплодов сортов моркови столовой, 2005 – 2008 гг., % к исходной массе

Сорт	Выход товарной продукции	Потери					
		общие	убыль массы	по видам болезней			
				фомоз	серая гниль	белая парша	альтер-нариоз
Витаминная 6 (РФ) – контроль	88,9	11,1	6,0	2,7	1,0	1,2	0,2
Лосиноостровская 13 (РФ)	91,0	9,0	5,0	1,5	1,2	0,0	1,3
НИИОХ 336 (РФ)	94,4	5,6	4,7	0,5	0,3	0,0	0,1
Рогнеда (РФ)	90,5	9,5	4,0	2,4	2,5	0,1	0,5
Шантенэ 2461 (РФ)	89,5	10,5	4,4	3,7	2,0	0,0	0,4
Берликум (Нидерланды)	95,4	4,6	3,9	0,3	0,2	0,0	0,2
Роте Ризен (Германия)	94,5	5,5	4,4	1,0	0,0	0,0	0,1
Шантенэ Роял (РФ)	91,4	8,6	4,7	2,9	0,9	0,0	0,1
Форто (Нидерланды)	92,8	7,2	4,1	2,2	0,7	0,0	0,2
Среднее	92,0	8,0	4,6	1,9	1,0	0,1	0,3
Среднее по отечественным сортам	90,9	9,1	4,8	2,2	1,4	0,3	0,5
Среднее по зарубежным сортам	93,5	6,5	4,3	1,6	0,5	0,0	0,2

Лучшей сохраняемостью корнеплодов характеризовался голландский сорт Берликум (95,4%), у которого потери от болезней были минимальными (0,7%). У отечественного сорта НИИОХ 336 и немецкого Роте Ризен потери от болезней также были небольшими (0,9 и 1,1%

соответственно), но величина убыли массы была на 0,5-1% выше, чем у сорта Берликум, что и явилось причиной отнесения их к группе с 4-балльной оценкой лежкоспособности.

Тенденция повышенной убыли массы корнеплодов отмечена у всех отечественных сортов моркови. Варьирование ее было в пределах 4,0 – 6,0% против 3,9 – 4,7% у зарубежных сортов.

В процессе хранения выявлены следующие болезни моркови: фомоз (*Phoma rostrupii* Sacc.), серая гниль (*Botrytis cinerea* Pers. ex Fr.), белая парша (*Rhizoctonia carotae* Rad.), альтернариоз (*Alternaria radicina* M., Dr. et E.). Среди сортообразцов отечественной селекции в большей степени фомозом поражались корнеплоды сорта Шантенэ 2461 (3,7% от исходной массы продукции, или 60,7% общих потерь от болезней). Зарубежные сорта в меньшей степени подвергались поражению фомозом (0,3 – 2,9%), хотя в общих потерях от болезней доля корнеплодов, пораженных фомозом, составляла 43 – 91%, что косвенно свидетельствует о сравнительно низком их иммунитете к данной болезни.

Потери от поражения серой гнилью у отечественных сортов были выше, чем у зарубежных (0,3 – 2,5% против 0,2 – 0,9%). Менее устойчивыми оказались отечественный сорт Рогнеда (2,5% от исходной массы продукции, или 55,6% общих потерь от болезней). Доля пораженных серой гнилью корнеплодов моркови голландского сорта Форто в общих потерях от болезней была ниже – 24,1%. У немецкого сорта Роте Ризен не отмечалось признаков поражения корнеплодов моркови серой гнилью во все годы исследований.

Поражение корнеплодов моркови белой паршой отмечено лишь у отдельных сортов отечественной селекции; потери от белой парши составляли 1,2% Витаминной 6 и 0,1% у Рогнеды.

Все сорта в той или иной мере поражались альтернариозом, хотя потери от него были незначительные: у отечественных в пределах 0,1% (НИИОХ 336) – 1,3% (Лосиноостровская 13), зарубежных – 0,1 – 0,2%.

Заключение

Урожайность моркови столовой в значительной мере зависит от фона питания. Повышенная урожайность сортов отечественной селекции получена на фоне расчетной дозы полного минерального удобрения $N_{60}P_{60}K_{120}$ – 38,7 – 48,5 т/га, с высоким выходом товарной продукции до 80,1%, зарубежной селекции – на фоне двойной дозы NPK – 43,3 – 55,0 т/га, с выходом товарной продукции до 84,8%. Наибольшей урожайностью по всем фонам питания характеризовались сорта: отечественный Шантенэ 2461 (48,5 и 50,0 т/га) и немецкий Роте Ризен (48,4 и 55,0 т/га).

Корнеплоды моркови столовой отечественной и зарубежной селекции накапливали приблизительно одинаковое количество сухих веществ (9,5 – 12,9% против 10,3 – 12,8%) и суммы сахаров (5,6 – 6,4 против 5,9 – 6,4%). При этом отечественные сорта уступали зарубежным по содержанию витамина С (3,2 – 5,9 мг/100г против 4,7 – 5,9 мг/100г), но значительно превосходили по содержанию каротиноидов (13,2 – 23,1 мг/100г против 13,6 – 16,6 мг/100г). Повышенным содержанием каротиноидов характеризовались отечественные сорта Витаминная 6 (21,9 мг/100г) и Лосиноостровская 13 (21,0 мг/100г).

Характеристика сохраняемости корнеплодов моркови столовой изучаемых образцов (в баллах)

По сохраняемости корнеплодов моркови столовой изучаемые образцы характеризовались: 5 (сохраняемость › 95%) – Берликум; 4 (сохраняемость 95 – 90%) – Лосиноостровская 13, НИИОХ 336, Рогнеда, Роте Ризен, Шантенэ Роял и Форто; 3 (сохраняемость 80 – 90%) – Витаминная 6 и Шантенэ 2461.

Таким образом, исходя из данных исследований, отечественные сорта-популяции моркови столовой представляют интерес как стратегический компонент продовольственной и экологической безопасности России.

ИСТОЧНИКИ УСТОЙЧИВОСТИ К НЕБЛАГОПРИЯТНЫМ БИОТИЧЕСКИМ И АБИОТИЧЕСКИМ ФАКТОРАМ ВНЕШНЕЙ СРЕДЫ В СИБИРСКОМ ГЕНОФОНДЕ ПШЕНИЦЫ, РЖИ И ТРИТИКАЛЕ

И. Е Лихенко., П. И. Стёпочкин, Ю. А. Христов, Л. П. Сочалова, Г. В. Артёмова, А. Ф. Зырянова, В. И. Пономаренко
Государственное научное учреждение Сибирский научно-исследовательский институт растениеводства и селекции СО Россельхозакадемии, Новосибирск, Россия
e-mail: peter_stepochkin@ngs.ru

Резюме

Представлены результаты изучения сибирского генофонда пшеницы, ржи и тритикале по устойчивости к болезням и неблагоприятным климатическим факторам. Отмечена комплексная устойчивость к бурой ржавчине и мучнистой росе у ряда коллекционных образцов из США, Мексики, Чили, Колумбии и Кении. Выделены источники устойчивости к бурой ржавчине, мучнистой росе, засухе и суровым условиям сибирских зим. Источниками высокой зимостойкости являются озимые культуры: мягкая пшеница Филатовка, диплоидная рожь Короткостебельная 69, тетраплоидная рожь Тетра Короткая, Влада, гексаплоидные тритикале Цекад 90 и Сирс 57. В родословной этих сортов ржи и тритикале участвовал полученный из ВИР коллекционный образец ржи к-10028 – донор доминантного признака короткой соломины, что придало им устойчивость к полеганию.

SOURCES OF RESISTANCE AGAINST UNFAVORABLE BIOTIC AND ABIOTIC FACTORS OF ENVIRONMENT IN SIBERIAN GENE POOL OF WHEAT, RYE AND TRITICALE

I. E. Likhenko, P. I. Stepochkin, Y. A. Khristov, L. P. Sochalova, G. V. Artyomova, A. P. Zyryanova, V. I. Ponomarenko
State Scientific Institution Siberian Research Institute of Plant Production and Breeding SB RAAS, Novosibirsk, Russia, e-mail: peter_stepochkin@ngs.ru

Abstract

Results of investigation of Siberian wheat, rye and triticale gene pool on resistance to diseases and unfavorable climatic factors are presented. The complex resistance to brown rust and powdery mildew is noticed in some collection samples from the USA, Mexico, Chile, Columbia and Kenya. Sources of resistance to brown rust, powdery mildew, drought and severe Siberian winter conditions are selected. Winter crops such as common wheat Filatovka, diploid Korotkostebelnaya 69, tetraploid rye Tetra Korotkaya, Vlada, hexaploid triticale Tsekad 90 and Sirs 57 are the sources of high winter hardiness. In the origin of the rye and triticale varieties took part a VIR collection rye sample k-10028 – the donor of the dominant feature of short stem, which has given them the resistance to lodging.

Введение

Создание сибирского генофонда сельскохозяйственных культур начато ещё в 20-годы прошлого столетия [1, 2]. Целью работы по формированию и изучению генофонда зерновых культур является выделение и сохранение источников ценных признаков и рекомендация их для селекционного использования.

На основании изучения вновь полученного материала в питомниках первого и второго года выделенные образцы по отдельным признакам и свойствам или целому их комплексу включаются в генофонд и являются источниками этих признаков и свойств [5].

Рабочая коллекция, сибирский генофонд и исходный материал для селекции пшеницы, ржи и тритикале создаются в СибНИИ растениеводства и селекции на протяжении нескольких десятков лет. Источниками поступления новых форм являются научно-исследовательские учреждения, в основном Всероссийский институт растениеводства им. Н. И. Вавилова (ВИР), селекционные учреждения и рабочая коллекция СибНИИРС. Основу генофонда составляют наиболее адаптированные и выдающиеся по отдельным или нескольким признакам селекционные формы и сортообразцы по результатам трех и более лет испытания коллекции.

В питомнике генофонда СибНИИРС ежегодно изучаются и оцениваются 200-300 сортообразцов и селекционных форм яровой мягкой пшеницы, 50-70 образцов озимой тритикале, 12-15 сортообразцов озимой ржи и 30-50 образцов озимой мягкой пшеницы. Выделенные по ценным признакам коллекционные формы подвергаются генетическому анализу для определения донорских способностей и дальнейшего селекционного использования.

Материалы и методы

Материалом исследования были образцы генофонда яровой пшеницы, озимой пшеницы, ржи и тритикале.

Зимостойкость озимых культур определяли по многолетним результатам перезимовок растений. Степени устойчивости к листовым болезням проводили по результатам 9-балльной полевой оценки.

Иммунологические исследования образцов яровой и озимой пшеницы на устойчивость к облигатным возбудителям листовых болезней – бурой ржавчине (возбудитель – *Puccinia recondita* Rob. ex Desm. f. sp. *tritici* Erikss. et Henn.), мучнистой росе (возбудитель – *Erysiphe graminis* f. *tritici*) и септориозу (возбудитель – *Septoria nodorum* Berk) осуществляли в условиях изолированного инфекционного фона. Работа в инфекционном питомнике основана на принципе полиморфизма, что указывает на присутствие в нём форм, ранжируемых от не поражаемых до высоко восприимчивых.

Кариологическое изучение неполных по числу хромосом ржи форм тритикале, восприимчивых к мучнистой росе, проводили с помощью метода дифференциального окрашивания хромосом C-banding [6].

Результаты исследований и обсуждение

В генофонде озимой пшеницы образцы различались по устойчивости к мучнистой росе. Все они в различной степени поражаются бурой ржавчиной. Высокой зимостойкостью характеризуются сорта сибирской селекции: Багратионовка, Кулундинка, Альбидум 12 и Новосибирская 32. Наибольшей зимостойкостью и устойчивостью к грибным заболеваниям отличается сорт Филатовка, созданный на основе пшенично-пырейного гибрида.

Тритикале по этому признаку не уступали, а в отдельные годы превосходили пшеницу. За тридцатилетний период изучения высокую зимостойкость показали образцы гексаплоидной тритикале НАД 308, НАД 325, сорта сибирской селекции Алтайское 1, Алтайское 2, Омское, новые сорта Цекад 90 и Сирс 57, созданные в СибНИИРС. Их перезимовка составляла 3-5 баллов. Наибольшей зимостойкостью отличились Алтайское 1 и Сирс 57. Низкой зимостойкостью характеризуются сорта западноевропейского и американского происхождения. В отдельные зимы коллекция этих образцов погибала полностью. Сорта сибирской селекции перезимовывали почти во все годы, за исключением плохой перезимовки в 1994 и 1998 гг., вследствие того, что растения осенью были сильно поражены цикадкой и ушли в зиму ослабленными. Сорта тритикале, созданные в Сибири, можно считать источниками высокой зимостойкости и рекомендовать для селекции на этот признак.

За 24-летний период с 1981 по 2004 гг. изучения урожайности в различных селекционных питомниках и питомнике генофонда форм тритикале, полученных разными способами, удалось получить информацию о степени проявления этого признака в годы с сухим, умеренным и влажным летом у групп низкостебельных (65-90 см) и среднестебельных форм (100-125 см). Урожайность зерна озимых тритикале зависела от совокупных воздействий разных факторов: состояния перезимовки растений, условий весенне-летней вегетации, степени повреждения от неблагоприятных погодных условий (ливней, града, сильного ветра и т.д.). Наблюдения показали, что в засушливые 1981, 1982, 1983 и 2003 гг. низкостебельные амфиплоиды уступали на 0,4-1,0 т/га среднестебельным сортам (рис. 1), несмотря на то, что среднестебельные формы полегали и теряли часть своего урожая. Лучшие формы среди низкостебельных и среднестебельных пшенично-ржаных

амфиплоидов в питомнике конкурсного испытания раскрывали свой потенциал в благоприятные для них годы.

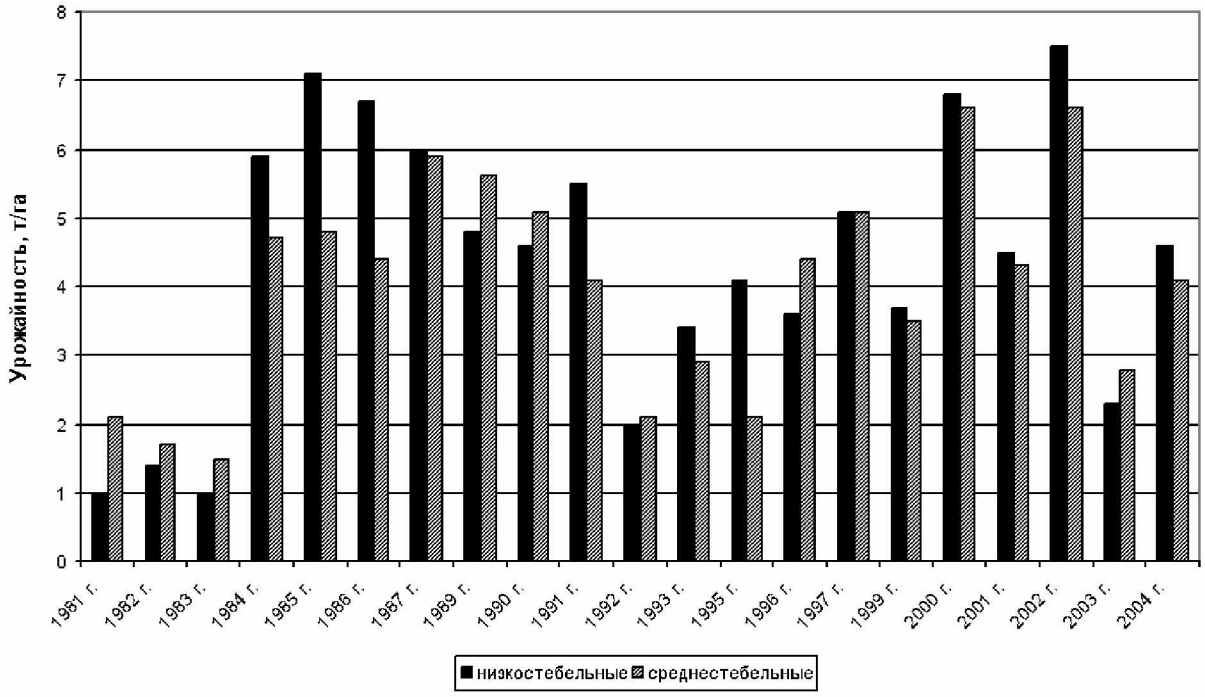


Рис. 1. Средняя урожайность низкостебельных и среднестебельных форм тритикале в СибНИИРС

В засушливые годы (1981, 1982, 1983, 1992 и 2003) некоторое преимущество по урожайности зерна было у среднестебельных тритикале, у которых корневая система более развита и корни глубже проникают в почву. Во влажные годы низкостебельные формы ПРА имели превосходство, иногда значительное (в 1984, 1985, 1986, 1992 и 2002 гг.), как за счет большей устойчивости к полеганию, так и за счет лучшей кустистости.

Среднестебельные формы тритикале обладают более коротким вегетационным периодом по сравнению с низкостебельными. Кроме того, у большинства из них более выполненное зерно. Низкостебельные формы более устойчивые к полеганию и с большим потенциалом урожайности, чем среднестебельные.

Все изученные озимые гексаплоидные формы тритикале сибирского генофонда, имеющие в своем кариотипе полный набор хромосом ржи, характеризовались высокой морозостойкостью [3, 4], зимостойкостью, устойчивостью к видам головни и к мучнистой росе. У некоторых форм отсутствовала одна или несколько пар хромосом ржи (рис. 2). Такие неполные по числу хромосом ржи тритикале или пшенично-ржаные замещенные линии были восприимчивые к мучнистой росе. Кроме того, они обладали пониженной зимостойкостью по сравнению с формами тритикале, имеющими в кариотипе полный набор хромосом ржи, и не представляли большую селекционную ценность.

Формы тритикале с полным набором хромосом ржи могут не быть источниками устойчивости к мучнистой росе при гибридизации с пшеницей или с другими формами тритикале, неполными по числу хромосом ржи, так как в потомстве гибридов будут возникать пшенично-ржаные замещенные линии и неполные по хромосомному набору ржи растения. Нарушение целостности кариотипа ржи у тритикале чревато снижением свойств устойчивости.

Гексаплоидные сорта тритикале Цекад 90 и Сирс 57 несут в своем кариотипе полный набор хромосом ржи и созданы на основе высокозимостойкой, низкостебельной ржи Короткостебельная 69. Они обладают устойчивостью к полеганию, что обусловлено

укороченной соломиной, и передают этот признак при гибридизации по доминантному типу. В свою очередь признак короткой соломины был привнесен сорту ржи Короткостебельная 69 от коллекционного образца к-10028.



а б

Рис. 2. Дифференциально окрашенные хромосомы (C-banding) метафазных пластинок кончиков корешков неполных по числу хромосом ржи гексаплоидных форм тритикале, восприимчивых к мучнистой росе: а) 34W + 8R; б) 36W + 6R

Генофонд озимой ржи представлен сортами сибирской селекции и образцами, полученными из Саратова, Башкортостана и Кирова. По устойчивости к листовым болезням отличаются сорта Кировской селекции. По зимостойкости выделяются диплоидные формы, созданные на основе гибридизации сортов Чулпан, Саратовская 7, Снежана, Эра с Короткостебельной 69, а также тетраплоидные сорта Тетра короткая и Влада.

Высокой эффективностью к местной популяции бурой ржавчины обладают ювенильные расоспецифические гены вертикальной устойчивости *Lr24* и *Lr28*. Гены *Lr19*, *Lr23* и *Lr9* потеряли свою эффективность в результате появления вирулентных к ним биотипов в доминирующей 77 расе местной популяции возбудителя бурой ржавчины, а, следовательно, происходит снижение их селекционной ценности.

Устойчивость к местным расам популяции мучнистой росы на всех стадиях развития растений контролируют гены *Pm6* (CJ 12633) и *Mld* (сорт Halle stamm). Устойчивость, контролируемая геном *Pm4b*, преодолена патогеном, степень поражения сортов Rang, Solo и др. находится на уровне 45-65%. Сорта Аврора, Кавказ, Скороспелка 35 с геном *Pm8* проявляют умеренную восприимчивость.

Генофонд образцов, выделенных по устойчивости к листовым болезням, представлен источниками устойчивости как отечественной, так и зарубежной селекции, но далеко не все они являются надежными донорами иммунности к болезням. Иммунологическая оценка по ряду лет исследований позволила выделить сорта озимой пшеницы, обладающие устойчивостью к бурой ржавчине и мучнистой росе (степень поражения от «0» до «25»%): из США – JD 74219, Cody, Redland; Канады – Coldwele, Colorado, Scout 81; Англии – Tortfride; Германии – Apollo, Niklas, Obelisk; Чехии – SO 6345; Венгрии – F2H; Румынии – F-1331. Следует заметить, большинство сортов зарубежной селекции в условиях селекцентра СибНИИРС слишком уязвимы к перепадам погодных условий весны март-апрель, ослабленные растения подвергаются выпреванию от поражения снежной плесенью (возбудитель – *Fusarium nivale*), что зачастую приводит к почти полной гибели всех растений.

Более сложна проблема с источниками устойчивости к септориозу. Если сорта зарубежной селекции проявляют невосприимчивость либо слабое поражение бурой ржавчиной и мучнистой росой, то все они в средней и очень сильной степени поражаются возбудителем *Septoria nodorum*, что затрудняет ввод их в селекцию в качестве источников резистентности.

Из отечественной селекции устойчивость к листовым болезням сохраняют сорта озимой пшеницы: Лютесценс 1256, Лютесценс 1501/67, Эритроспермум 1024/67, Эритроспермум 1197/87 из Ростовской области; Лютесценс 315 (Воронежской обл.); Лютесценс 0512 (России); МАМ-10/2, МУМА-808/2, Линия 432 (С.-Петербурга); Комсомольская 146, 258, 307 (Кустанайской обл.); Льговская 110 (Курганской обл.); линии: Кинельская 920 × Pimpan (Самарской обл.) и Ершовская 8 × Лютесценс 229 (Куйбышевского НИИСХ) и др. Однако в условиях Сибири их зимостойкость ниже, чем у образцов из генофонда сибирского происхождения.

Высокую зимостойкость, устойчивость к плесневым грибам и мучнистой росе проявляет сорт озимой пшеницы Филатовка селекции СибНИИРС. Одним из недостатков сорта является высокостебельность и склонность к полеганию.

Генофонд яровой пшеницы более разнообразен источниками устойчивости, большей частью, это образцы зарубежной селекции.

Комплексная устойчивость к бурой ржавчине, мучнистой росе и септориозу отмечена у ряда сложных гибридов: из США – к-31310, к-31314, к-31324; Мексики – к-31470, к-34636; Чили – к-33553, к-34452; Кении – к-31326; Колумбии – к-31365, к-34444, к-34459, к-33879, к-31356, к-31369, к-34458, к- 34441; СИММИТ – к-34068, к-33979, к-3057, к-33832, к-32404, к-32189, к-31755, к-32383, к-31819, к-30213 (образцы поступили из Тамбовского НИИСХ), кроме того, эти образцы в наших условиях сохраняют устойчивость к полеганию. Особый интерес представляют дикие пшеницы из рода *Triticum* – *T. monococcum* (Н. Карабах); *T. timopheevii* (Грузия), *T. dicoccum* (Эфиопии, Йемена, Чувашии), *T. turgidum* (Азербайджана, Турции, Португалии), *T. persicum*, Шарозёрная, но все они склонны к полеганию.

По результатам иммунологических исследований были выделены источники устойчивости к мучнистой росе и бурой ржавчине, это сорта из Китая: PS 96, PS 130, PS 131, PS 133, PS 585; Австралии – Cunnigharn; Швеции – WW 17283; Саратовской области – Тулайковская золотистая, Тулайковская 5, Тулайковская 10, Тулайковская белозёрная; Пензинской области – Юлия; Л 500 (Россия); Украины – Легенда, из селекции СибНИИРС – иммунологически однородная по устойчивости линия лаборатории иммунитета – Новосибирская 20 × Тулайковская 10; из ИЦиГ СО РАН выделились линии, созданные Л. И. Лайковой – Саратовская 29 × (*T. timopheevii* × *Ae. tauschii*) и (*Lr24* × *Lr41*) × Саратовская 29 иммунную.

Высокой устойчивостью к расам возбудителя *E. graminis* обладают сорта: из селекции СибНИИРС – Новосибирская 31, из Омска – Боевчанка, Омская 36, Геракл; из Тюмени – Авиада, Свеча; из зарубежной селекции, это большей частью сорта из Швеции – WW 16151, Зебра, Виньет, Святой Мильет; из Австралии – Varralinka, Tammin, Excalibur, Cascades. Сорта из Швеции – Зебра, Виньет и Святой Мильет в условиях селекцентра СибНИИРС высоковосприимчивы к биотипам местной популяции бурой ржавчины, степень поражения их составляет от 65-100% в зависимости от года исследования.

В ГНУ СибНИИРС с использованием эффективных генов устойчивости созданы линии и аналоги на базе районированных раннеспелых и среднеранних сортов яровой мягкой пшеницы, обладающие устойчивостью к мучнистой росе, бурой ржавчине и пыльной головне, устойчивостью к полеганию и высоким качеством зерна.

По результатам многолетней полевой оценки сибирского генофонда яровой пшеницы выделены источники устойчивости к бурой ржавчине – сорта Удача, Александрина, Терция, Дуэт, созданные на основе вторичного источника этого признака – пшеницы Лютесценс 101. В свою очередь этот образец унаследовал ген *LrTr(Lr19)* от австралийского образца мягкой пшеницы к-54049.

Генофонд раннеспелых сортов пшеницы представлен сортами, заканчивающими вегетацию за 65-68 дней. Среди них особенно по комплексу хозяйственных признаков и устойчивости к раннелетней сибирской засухе выделяются сорта Новосибирская 15, Новосибирская 29 и Полюшко. Сорт Полюшко к тому же обладает устойчивостью к пыльной головне.

Заключение

Генофонд мягкой яровой пшеницы и озимой пшеницы обладает источниками устойчивости к биотическим факторам внешней среды, в первую очередь, таким как листовые болезни: мучнистая роса, бурая ржавчина, септориоз. Раннеспелый сорт Полюшко – источник устойчивости к засухе и пыльной головне.

Высокозимостойкий сорт озимой пшеницы Филатовка является источником высокой устойчивости к плесневым грибам и мучнистой росе.

Диплоидный сорт озимой ржи Короткостебельная 69, тетраплоидные сорта Тетра короткая и Влада – источники высокой зимостойкости и устойчивости к полеганию.

Гексаплоидные пшенично-ржаные формы, имеющие в кариотипе неполный набор хромосом ржи, восприимчивы к мучнистой росе и менее зимостойкие, чем тритикале с полным набором хромосом ржи.

Низкостебельные сорта озимых тритикале Цекад 90 и Сирс 57 – источники высокой зимостойкости, устойчивости к полеганию, мучнистой росе и видам головневых заболеваний.

Литература

1. *Лиханко И.Е., Стёпочкин П.И., Гончаров П.Л. и др.* Роль коллекции сибирского генофонда сельскохозяйственных культур в создании новых сортов // Информ. вестник ВОГИС. 2007. Т. 11. №3/4. С. 609-617.
2. *Стёпочкин П.И.* Использование сибирского генофонда и коллекций зерновых культур в селекции // Селекция сельскохозяйственных растений: итоги, перспективы. Новосибирск: ООО ИПЦ «Юпитер», 2005. С. 171-179.
3. *Степочкин П.И.* О методах создания и изучения исходного материала для селекции озимых форм тритикале // НТБ СибНИИРС. Новосибирск: РПО СО ВАСХНИЛ, 1981. Вып. 6, 7. С. 114-117.
4. *Стёпочкин П.И., Владимиров Н.С.* Морозостойкость сибирских форм тритикале различных уровней плоидности // С.-х. биология. М., 1985. №4. С. 56-58.
5. *Стёпочкин П.И., Сотник А.Я., Зырянова А.Ф.* Особенности формирования сибирского генофонда зерновых культур // Тезисы докл. муждунар. научно-практической конференции: Проблемы стабилизации и развития сельскохозяйственного производства Сибири, Монголии и Казахстана в XXI веке. Новосибирск: РПО СО РАСХН, 1999. Ч. 1. С. 294-295.
6. *Щапова А.И., Баутина Т.А.* Дифференциальная окраска хромосом ржи и пшенично-ржаного амфидиплоида // Сер. Биол. Изв. Сиб. отд. АН СССР. 1974. Вып. 2. №10. С. 134-136.

РАЗНООБРАЗИЕ ГОЛОЗЕРНЫХ ФОРМ ЯЧМЕНЯ И ОВСА И ЕГО ИСПОЛЬЗОВАНИЕ В СЕЛЕКЦИИ

И. Г. Лоскутов

Государственный научный центр РФ Всероссийский научно-исследовательский институт растениеводства им. Н. И. Вавилова, Санкт-Петербург, Россия, e-mail: i.loskutov@vir.nw.ru

Резюме

В статье приводится ботаническая характеристика голозерных форм ячменя и овса и их географическое распространение. Перечисляются зарубежные районированные сорта и сорта, внесенные в Государственный реестр селекционных достижений РФ. Отмечаются их недостатки и положительные характеристики, которые напрямую могут быть использованы в производстве высокоэффективных кормов и продуктов диетического питания или быть переданы для создания новых высоко продуктивных и качественных сортов голозерного ячменя и овса.

DIVERSITY OF NAKED BARLEY AND OAT AND THEIR USING IN PLANT BREEDING

Igor G. Loskutov
Vavilov Institute of Plant Industry, St-Petersburg, Russia, e-mail: i.loskutov@vir.nw.ru

Abstract

The paper offers botanical descriptions of naked forms of barley and oats and shows their geographic distribution. Released cultivars of foreign origin, as well as those included in the State Register of Breeding Achievements of the Russian Federation are listed. Their drawbacks are considered along with the positive characteristics which can be used either directly in the production of high-performance feeds and dietary products, or in breeding new naked barley and oat cultivars with high productivity and quality.

Одним из основных критериев внедрения в производство голозерных сортов зерновых культур, является фактор экономической эффективности. В последнее десятилетие в очередной раз возник интерес к выращиванию голозерного ячменя и овса. Он продиктован уникальностью качественных показателей таких сортов – повышенным содержанием белка и незаменимых аминокислот, повышенным содержанием масла и хорошо сбалансированным жирнокислотным составом, высокой натурой беспленчатого зерна, что обеспечивает спрос для переработки на пищевые и кормовые цели: крупу, муку, комбикорма и др.

Голозерные сорта ячменя и овса являются довольно редкими формами этих культур, как для выращивания, так и для использования. Такие формы овса являются подвидами этой культуры, а у ячменя это ботанические группы с большим числом разновидностей.

Голозерные формы ячменя относятся к одному и тому же виду культурного ячменя *Hordeum vulgare* L. и объединяются в две группы разновидностей, из которых одна относится к подвиду двурядного (*H. vulgare* subsp. *distichon* (L.) Koern.), а другая к подвиду многорядного (*H. vulgare* subsp. *vulgare* L.) ячменя. В ботанической классификации голозерные формы многорядного ячменя - это convar. *coeleste* (L.) A. Trof., включающие 33 разновидности, а двурядного – *H. vulgare* subsp. *distichon* convar. *nudum* (L.) A. Trof., насчитывающие 20 разновидностей [9]. Предполагается, что голозерные формы ячменя произошли из горных северо-западных районов Китая. Там они очень широко возделывались и использовались для пищевых целей в течение тысячелетий. Впоследствии эти формы в виде местных и селекционных сортов использовались в различных странах мира, и таким образом, они не являются редкими образцами в коллекциях генных банков. В ВИРе коллекция голозерных форм ячменя насчитывает более 1100 образцов (3/4 из них многорядные) поступления с начала XX столетия, и различного географического происхождения из Старого и Нового Света. Голозерные сорта ячменя как двурядные, так и многорядные, довольно широко используются в странах мира. В Эфиопии, Китае и Таджикистане, где Н. И. Вавилов отмечал большое генетическое разнообразие местных голозерных форм, до настоящего времени используются многочисленные староместные сорта. Незначительное количество селекционных сортов, наряду с многочисленными местными формами, используются в Монголии, Японии и Индии. В настоящее время шесть-семь селекционных голозерных сортов ячменя возделываются в Германии, Великобритании и Канаде, более двух сортов выведено в Швеции, Польше, США и Австралии, некоторые другие страны имеют в своем арсенале один и более голозерный сорт. Единичные формы голозерного ячменя довольно долго возделывались на территории СССР - это сорта Нудум 155, Колхозный и, только недавно снятый с районирования, белорусский сорт - Белорусский 76, выведенный в 1976 г. В настоящее время в Реестр селекционных достижений РФ включено три сорта голозерного ячменя – двурядные сорта Омский голозерный 1 (Омский НИИСХ) с 2004 г., Оскар (Красноярский НИИСХ) с 2007 г. и многорядный сорт Омский голозерный 2 (Омский НИИСХ) с 2008 г.; проходят испытания в Госкомиссии несколько голозерных сортов, созданных в различных селекционных учреждениях России [7].

Отрицательными признаками, которые повсеместно сдерживают использование голозерных сортов ячменя, является низкая устойчивость к полеганию, прорастание зерна на

корню при влажной погоде, восприимчивость к грибным заболеваниям и относительно низкая полевая всхожесть, в связи с особенностью формы зародыша зерновки. Но использование таких форм в перерабатывающей промышленности, может быть довольно широким от пищевого до зернофуражного.

Голозерный ячмень в сравнении с пленчатыми формами обладает повышенным содержанием белка (до 20%), лизина (около 4%), крахмала (до 64%), β-глюканов (для многорядных до 7 мг/л, для двурядных – более 9 мг/л), массы 1000 зерен (для многорядных до 55 г, для двурядных – до 60 г) при высокой урожайности голого зерна (для многорядных более 680 г/м^2, для двурядных – 580 г/м^2) [6, 8, 9].

Кроме того, голозерные формы ячменя более устойчивы к поражению фузариозом колоса и меньше накапливают в зерновке микотоксинов [2].

Голозерные формы овса описаны у трех из четырех культурных видов овса. С ботанической точки зрения все они являются подвидами пленчатых видов. Среди диплоидных форм культурный вид *Avena strigosa* Schreb. имеет голозерный подвид – *A. strigosa* subsp. *nudibrevis* (Vav.) Kobyl. et Rod. Среди гексаплоидных видов два культурных вида имеют голозерные подвиды – это *A. sativa* subsp. *nudisativa* (Husn.) Rod. et Sold. (шесть разновидностей) и *A. byzantina* subsp. *denudate* (Hausskn.) Rod. et Sold. [10].

Диплоидная голозерная форма *A. strigosa* subsp. *nudibrevis* происходит из Европы, преимущественно из Великобритании, и использовалась, по историческим данным, довольно широко в XIV-XIX вв. в качестве пищевой и кормовой культуры. В настоящее время эту довольно редкую форму единично можно встретить только в коллекциях некоторых генных банков, в том числе в коллекции ГНЦ РФ ВНИИ Растениеводства им. Н. И. Вавилова, где их насчитывается около 15 образцов [4]. Рекомендаций по ее использованию в настоящее время нет, так как эти образцы недостаточно изучены. Но, в то же время, эти формы обладают очень ценным качеством, которое может быть передано голозерным формам гексаплоидного овса – это неопушенность зерновки.

Другая тоже очень редкая гексаплоидная голозерная форма *A. byzantina* subsp. *denudate* находится только в коллекции ВИР. Дело в том, что эта форма была утрачена в 30-е годы XX столетия, и только два года назад на полях Пушкинского филиала ВИР нами было обнаружено два растения в одном местном пленчатом образце, относящемся к виду *A. byzantina*, происходящем из Турции [3]. В настоящее время эта форма размножается и предполагается ее изучить по всему спектру хозяйственно ценных признаков.

Самые интересные и самые популярные голозерные формы посевного овса имеют свое происхождение из горной северо-западной части Китая. Эти формы известны давно, в XVIII они были описаны как *A. chinensis* Metzg., то есть китайский овес. До последнего времени, а именно до 70-х годов XX века, в Европе это была довольно малораспространенная зерновая культура, хотя ею начали заниматься в начале века в США и, особенно, в Канаде. В настоящее время внимание к голозерным сортам овса усилилось и сейчас практически каждая Европейская страна имеет по одному и более голозерному селекционному сорту. В коллекции ВИР этот подвид представлен более чем 200 образцами, которые охватывают все разнообразие местных и селекционных сортов, начиная с начала XX века и, кончая современными сортами, из Европы, Азии, Северной и Южной Америки и Австралии [4].

Большое разнообразие местных голозерных сортов было найдено в Монголии и, особенно, в Китае, где они до сих пор довольно широко возделываются, особенно, в северо-западных провинциях, примыкающих к горным районам страны. Наибольшее разнообразие селекционных сортов голозерного овса выведено и широко используется в Канаде и США. С 80-х годов XX века селекционные сорта появились в Европе (Финляндия, Дания, Франция, Бельгия, Германия, Австрия, Чехия, Словакия, Польша, Болгария и др.) и Австралии. В Великобритании голозерный овес используется не только для пищевых целей, но и для откорма породистых скакунов, а селекция овса в этом направлении стала высокодоходным бизнесом.

Первый голозерный сорт овса в СССР Успех был создан сотрудниками отдела на Ташкентском филиале ВИР. После распада СССР это сорт не был зарегистрирован на территории России. С середины 80-х годов выведению голозерных сортов большое внимание уделяли в Белоруссии, где в настоящее время здесь зарегистрировано четыре сорта голозерного овса и созданы формы Бег-1, Бег-2, Бег-3, Бег-4, Бег-5 и районированный сорт Белорусский голозерный. В Российской Федерации первый сорт голозерного овса, полученный отбором из местного китайского образца, был районирован только в 2000 г. - Тюменский голозерный (НИИСХ Северного Зауралья). С 2005 г. допущен к использованию, созданный с участием сотрудников ВИР, голозерный сорт Левша (Кемеровский НИИСХ, ВИР), с 2007 г. - Вятский (НИИСХ Северо-Востока) и с 2008 г. Голец (Красноярский НИИСХ) и Сибирский голозерный (Сибирский НИИСХ) – все они созданы на базе коллекции ВИР. В настоящее время в Госкомиссии проходят испытания еще несколько голозерных сортов, созданных в различных селекционных учреждениях России, особенно активно в этом направлении работает Кемеровский НИИСХ в кооперации с ВИР [6].

Отрицательными признаками, которые повсеместно сдерживают использование голозерных сортов овса, является, в целом, их низкая адаптивность к условиям возделывания, более высокая требовательность к водно-тепловому режиму выращивания, почве и чистоте полей и относительно низкая полевая всхожесть, в связи с особенностью формы зародыша зерновки.

Относительно пленчатых форм, голозерный овес обладает повышенным содержанием белка (у диплоидных до 16%, у гексаплоидных - до 20%), лизина (более 4,5%), крахмала (у диплоидных до 50%, у гексаплоидных - до 60%), жиров (у диплоидных выше 6%, у гексаплоиных – выше 9%), олеиновой кислоты в масле (у диплоидных до 45%, у гексаплоидных – до 50%), токоферолов (у диплоидных выше 280%/мг, у гексаплоидных - выше 400 %/мг), стеролов (у диплоидных выше 1%, у гексаплоидных – выше 2,6%), β-глюканов (выше 3,5%), авенантрамидов (более 340 мол/г) при высокой урожайности голого зерна [4, 5, 10].

Кроме того, голозерные формы овса достоверно более устойчивы к поражению фузариозом метелки и меньше накапливают в зерновке микотоксинов [1].

Современные селекционные сорта голозерного овса обладают повышенной продуктивностью, которую можно сравнить с пленчатыми формами и рядом биохимических качеств, которые позволяют их довольно широко использовать. Кроме таких традиционных качественных показателей зерна, как содержания белка, масла и крахмала, наибольшую актуальность при использовании на пищевые цели у голозерных сортов ячменя и овса приобретает содержание различных видов полисахаридов, витаминов и антиоксидантов. К последней группе веществ относятся β-глюканы, токоферолы, авенантрамиды и другие соединения. Кроме этого, эти формы могут быть широко использованы в комбикормовой промышленности.

Заключение

Голозерные ячмени и овсы по сравнению с пленчатыми имеют ряд преимуществ при использовании в пищевой и комбикормовой промышленности. Технология переработки голозерного зерна проще и выгоднее, так как отпадает необходимость обдирать ядро от цветочных чешуй, и такое зерно обладает повышенным содержанием большинства биохимических показателей. Кроме промышленного использования зерно этих сортов может напрямую использоваться для приготовления различных каш, а так же употребляться в сыром или пророщенном виде, являясь диетическим и высоко витаминизированным пищевым продуктом с высоким содержанием белка, жира и антиоксидантов.

Литература

1. *Гаврилова О.П., Гагкаева Т.Ю., Буркин А.А., Кононенко Г.П., Лоскутов И.Г.* Восприимчивость овса к фузариозной инфекции и накоплению микотоксинов в зерне. Тезисы II Всероссийской конференции по иммунитету, С-Петербург, 2008, 118-120.

2. *Гагкаева Т.Ю., Гаврилова О.П.* Фузариоз колоса и зерна ячменя. Материалы международной конференции ВИР, С-Петербург, 2009 (в печати).
3. *Лоскутов И.Г.* Голозерная форма вида *Avena byzantina* (*A. byzantina* subsp. *denudate* (Hausskn.) Rod. et Sold.). Труды по прикл. бот., ген. и сел. т. 162, С-П., 2006, 114.
4. *Лоскутов И.Г.* Овес (Avena L.) Распространение, систематика, эволюция и селекционная ценность. СПб: ГНЦ РФ ВИР. 2007а. 336 с.
5. *Лоскутов И.Г.* Использование голозерных форм ячменя и овса. Тезисы III Международного конгресса «Зерно и хлеб России», С-Петербург, ноябрь, 2007б, 87.
6. *Лоскутов И.Г.* Результативность использования мировой коллекции овса и ячменя. Тезисы IV Международного конгресса «Зерно и хлеб России», С-Петербург, ноябрь, 2008, 49-50.
7. *Лоскутов И.Г.* Генетические ресурсы овса и ячменя - источник результативной селекции в России. Доклады II международной Вавиловской конференции, ноябрь, 2007, 2009а. с. 200-205.
8. *Лоскутов И.Г.* А.Я.Трофимовская и развитие работ отдела серых хлебов. Материалы международной конференции ВИР, С-Петербург, 2009б (в печати).
9. *Лукьянова М.В., Трофимовская А.Я , Гудкова Г.Н., Терентьева И.А., Ярош Н.П.* Культурная флора СССР. Т. 2. Ч. 2. Ячмень. 2-е изд. Л. 1990. 421 с.
10. *Родионова Н.А., Солдатов В.Н., Мережко В.Е., Ярош Н.П., Кобылянский В.Д.* Культурная флора. Т. 2. Ч. 3. Овес. 2-е изд. М. Колос. 1994. 367 с.

МНОГОЛЕТНИЕ ВИДЫ ПОДСОЛНЕЧНИКА КАК ПОТЕНЦИАЛЬНЫЕ ДОНОРЫ ГЕНА *Rf1*

Н. В. Маркин[1], М. А.Тихонова[1], В. А. Гаврилова[2], В. Т. Рожкова[3], Т. Т. Толстая[3], И. Н. Анисимова[2], А. В. Усатов[1]

[1]Федеральное государственное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Южный федеральный университет» научно-исследовательский институт биологии, Ростов-на-Дону, Россия, e-mail: usatova@mail.ru

[2]Государственный научный центр РФ Всероссийский научно-исследовательский институт растениеводства им. Н. И. Вавилова РАСХН, Санкт-Петербург, Россия

[3]Кубанская опытная станция Всероссийского научно-исследовательского института растениеводства им. Н. И. Вавилова РАСХН, Краснодарский край, пос. Ботаника, Россия

Резюме

Проведена оценка 17 дикорастущих многолетних видов подсолнечника на наличие двух SCAR-маркеров – HRG01 и HRG02, сцепленных с геном-восстановителем фертильности пыльцы *Rf1* ЦМС PET_1. Показано, что локус HRG02 присутствует у всех исследованных форм, тогда как маркерная последовательность HRG01 идентифицирована только у 10 видов. Кроме того, этот маркер был выявлен не у всех растений популяции некоторых исследованных видов. Результаты молекулярно-генетического анализа и межвидовой гибридизации свидетельствуют, что многолетние дикорастущие виды подсолнечника являются потенциальными источниками гена *Rf1*, при получении исходного материала для гетерозисной селекции.

PERENNIAL SPECIES OF SUNFLOWER AS POTENTIAL DONORS OF GENE *Rf1*

N. V. Markin[1], M. A. Tikhonova [1], V. A. Gavrilova[2], V. T. Rozhkova[3], T. T. Tolstaya[3], I. N. Anisimova[2], A. V. Usatov[1]

[1]Southern Federal University, Research Institute of biology, Rostov-on-Don, Russia, e-mail: usatova@mail.ru

[2]State Scientific Centre N. I. Vavilov All-Russian Research Institute of Plant Industry of RAAS, St. Petersburg, Russia

[3]Kuban Experimental Station N. I. Vavilov All-Russian Research Institute of Plant Industry of RAAS, Krasnodar Territory, Botanica, Russia

Abstract

At seventeen perennial species of sunflower identification of two SCAR markers - HRG01 and HRG02, linked with a fertility restoration genes Rf1 CMC PET1 is lead. It is shown, that locus HRG02 is present at all investigated species whereas sequence HRG01 is identified at 10 species and is non-uniform presented to populations of one species.

Подсолнечник (*Helianthus annuus* L.) является основной масличной культурой России и входит в пятерку главных масличных культур мира. В виду биологических особенностей ареалами возделывания подсолнечника в Российской федерации служат в основном ее южные районы, в том числе Краснодарский край и Ростовская область.

Основу современного промышленного семеноводства многих сельскохозяйственных культур составляют гетерозисные межлинейные гибриды, создаваемые при скрещивании линий, носителей цитоплазматической мужской стерильности (ЦМС) с формами, имеющими в ядерном геноме, гены восстановления фертильности пыльцы (*Rf*-гены). В настоящее время у подсолнечника на основе однолетних и многолетних дикорастущих видов уже известно более 60 источников ЦМС, однако в гетерозисной селекции используют только один - ЦМС PET1 на основе однолетнего дикорастущего вида *H. petiolaris* [1]. Важным и перспективным направлением для создания исходного селекционного материала является использование генетического потенциала многолетних дикорастущих видов подсолнечника в связи с чем их интенсивно исследуют на наличие новых хозяйственно-ценных генов и их комбинаций, в том числе и *Rf*-генов. Именно благодаря межвидовой гибридизации получены линии сочетающие гены *Rf* с генами устойчивости к болезням и вредителям [2].

Целью настоящей работы является определение у дикорастущих многолетних видов подсолнечника гена-восстановителя (*Rf1)* ЦМС PET1.

Амплификацию специфических локусов ядерной ДНК HRG01 и HRG02 маркирующих ген *Rf1* подсолнечника проводили с помощью SCAR праймеров – OPK13 и OPY10, разработанных Р. Хорн с сотрудниками [3]. Гибридизацию растений проводили по стандартной методике. Фертильность пыльцы оценивали с помощью ацетокарминового метода. Полевые исследования проводили на Кубанской опытной станции ВИР, молекулярно-генетический анализ – в отделе генетики ВИР и отделе изменчивости генома НИИ биологии ЮФУ.

Результаты, демонстрирующие наличие маркерных последовательностей гена Rf_1 у многолетних дикорастущих видов подсолнечника, представлены в таблице 1. Видно, что праймер OPY10 инициирует амплификацию ДНК у всех исследованных видов – амплифицируется специфическая последовательность (маркер) ожидаемого размера 738 п.н., что согласуется с данными, полученными для культурных форм подсолнечника. Результаты определения маркерного локуса HRG01 гена Rf_1 ПЦР с парой праймеров OPK13 оказались неоднозначны. Во-первых, специфическая амплификация отсутствовала у 7-ми из 17-ти исследованных видов многолетнего подсолнечника (см. табл. 1). Кроме того, маркер был выявлен не у всех растений популяции некоторых видов. Например, он был определен только у *H. occidentalis, H. rigidus* и *H. maximiliani*, половины исследованных растений *H. strumosus* и немного более половины растений *H. divaricatus.*

Фертильность пыльцы многолетних видов подсолнечника варьирует в пределах 87 - 100% с наименьшим показателем у растений *H. mollis* (табл. 1).

Таблица 1. Результаты оценки коллекции дикорастущих многолетних видов подсолнечника на наличие маркеров, сцепленных с геном *Rf1* ЦМС PET1

Виды	Наличие маркера HRG01/K13	Наличие маркера HRG02/Y10	Фертильность пыльцы 2008
Helianthus ciliaris DC.	–	+	97
H. decapetalus L.	+	+	90

H. divaricatus L.	+/–	+	91
H. eggertii Small	+	+	нет данных
H. giganteus L.	–	+	97
H. grosseserratus M.Martens	–	+	нет данных
H. hirsutus Raf.	–	+	92
H. maximiliani Schrad.	+/–	+	93
H. mollis Lam.	+	+	87
H. strumosus L.	+/–	+	96
H. tuberosus L.	+	+	нет данных
H. occidentalis Riddel subsp. *plantagineus* (Torr. & A.Gray) Heiser	+/–	+	100
H. rigidus Desf.	+/–	+	99
H. angustifolius L.	–	+	нет данных
H. floridanus A.Gray ex Chapm.	–	+	нет данных
H. simulans E.Watson	–	+	нет данных
H. laetiflorus Heiser & D.M.Sm.	+	+	нет данных

Особый интерес представляют результаты определения фертильности пыльцы у гибридов F_1, полученных в результате скрещиваний многолетних дикорастущих видов с культурными ЦМС линиями. Высокие показатели жизнеспособности пыльцы растений многолетних видов и схожие с культурными линиями сроки цветения позволяют провести межвидовую гибридизацию. Межвидовые гибриды были получены от скрещивания дикорастущих видов: *H. hirsutus*, *H. occidentalis* и *H. giganteus* в качестве отцовских форм с тремя культурными ЦМС (PET_1) линиями. Получены следующие гибридные формы: ВИР 114 × *H. hirsutus*, ВИР 151 × *H. occidentalis* и ВИР 471 × *H. giganteus*. Все они имели жизнеспособную пыльцу, фертильность которой составила 75,3 %, 95,2 % и 93,3 %, соответственно.

Следовательно, многолетние дикорастущие виды подсолнечника являются источниками гена восстановителя *Rf_1* для создания новых линий-восстановителей фертильности пыльцы ЦМС (PET_1) и последующего получения нового селекционного материала.

Исследование выполнено при финансовой поддержке Министерства науки и образования РФ (грант «Развитие научного потенциала высшей школы (2009-2010)» № 2.1.1/4947) и гранта РФФИ (проект 08-04-90112-Мол_а).

Литература

1. *Leclercq P.* Une sterilite male chez le tournesol. // Ann. Amel. Plantes. 1969. Vol. 19. P. 99-106.
2. *Гаврилова В.А., Анисимова И.Н.* Генетика культурных растений: подсолнечник. – СПб: ВИР, 2003. 120 с.
3. *Horn R., Kusterer B., Lazarescu E., Prufe M.,Friedt W.* Molecular mapping of the *Rf1* gene restoring pollen fertility in PET1-based F1 hybrids in suflower (*Helianthus annuus* L.) // Theor. Appl. Genet. 2003. V. 106. P. 599-606.

ГЕНЕАЛОГИЯ ЛИНИЙ КУКУРУЗЫ КОЛЛЕКЦИИ ВИР И ОЦЕНКА ХОЗЯЙСТВЕННО ЦЕННЫХ ПРИЗНАКОВ ИХ СЕМЕЙ

Г. В. Матвеева, Л. Ю. Новикова, В. Б. Корнеев
Государственный научный центр РФ Всероссийский научно-исследовательский институт растениеводства им. Н. И. Вавилова РАСХН, Санкт-Петербург, Россия, e-mail: g.matveeva@vir.nw.ru

Резюме

На основе анализа оценочной базы данных линий кукурузы коллекции ВИР и установленной их родословной, определены родственные семьи линий с подобными характеристиками по признакам: вегетационному периоду, длине початка, массе 1000 зерен, выходу зерна. Выделены семьи линий кукурузы, перспективные для использования по различным направлениям селекции.

GENEALOGY OF MAIZE LINES OF VIR COLLECTION AND ESTIMATION OF ECONOMIC VALUABLE THEIR FAMILIES CHARACTERS

G. V. Matveeva, L. Yu. Novikova, V. B. Korneev
State Scientific Centre N.I.Vavilov All-Russian Research Institute of Plant Industry of RAAS, St. Petersburg, Russia, e-mail: g.matveeva@vir.nw.ru

Abstract

On the basis of the analysis of an estimated database of lines of corn of collection VIR and their established family tree, related families of lines with similar characteristics are defined: the vegetative period, length of an ear, weight of 1000 corns, a grain exit. Families of lines of maize, perspective for use in various directions of selection are allocated.

Введение

Успех селекции кукурузы на гетерозис во многом зависит от подбора исходных родительских компонентов. Многие десятилетия создание гибридов кукурузы в селекционных центрах России и странах СНГ проводят на основе одних и тех же 15-20 самоопыленных линий первого цикла, которые были созданы в довоенный период в США на основе местных сортов кукурузы. Около 200 американских самоопыленных линий кукурузы поступили в наш институт после войны и прошли интенсивное изучение в условиях Кубанской опытной станции ВИР. Возможности этих линий кукурузы в настоящий период известны, генетический потенциал гибридного потомства предполагает определенный диапазон продуктивности многих комбинаций. Самоопыленные линии кукурузы первого цикла до сих пор считаются лучшими по многим хозяйственно ценным показателям. Недостатком большинства самоопыленных линий кукурузы из коллекции ВИР остается отсутствие информации об их родословной. Начиная с 60-х годов, многие селекционные учреждения бывшего СССР создавали свои линии, генеалогия которых также не отслежена. В связи, с чем актуальным остается поиск родословных линий и создание оценочной базы родительских компонентов самоопыленных линий коллекции кукурузы ВИР (около 5000 линий). Наличие такой базы позволит проводить подбор необходимых линий для создания различных гибридных комбинаций кукурузы по многим направлениям селекции с учетом генеалогии.

Перед нами была поставлена задача: установить генеалогию линий подвидов зубовидной, кремнистой, и полузубовидной кукурузы, объединить линии в семьи по родительским компонентам, определить перспективные семьи линий по массе 1000 зерен, выходу зерна, длине початка, продолжительности вегетационного периода (дней от всходов до цветения).

Материалы и методы

По результатам полевых изучений (1961-1995гг) проведенных в условиях Кубанской опытной станции ВИР (Краснодарский край) были подготовлены и опубликованы каталоги – справочники (№1, №19, №36, №67, №117, №166, №590, №677.) [3, 4, 5, 6]. Последний каталог №724 - 2004г составлен по результатам полевых изучений научно-исследовательских институтов оригинаторов. В работе использованы диссертации [1, 2].

Создана компьютерная база оценочных данных 1226 самоопыленных линии кукурузы (№ госрегистрации 0220812939). База представляет многогранную характеристику линий кукурузы по 36 морфо-биологическим признакам с указанием родительских компонентов.

Нами были рассчитаны средняя, стандартная ошибка средней, 95%-ный доверительный интервал по изученным признакам для всех семей самоопыленных линий кукурузы.

Результаты

Самоопыленные линии кукурузы сгруппированы в семьи по объединяющим их родительским компонентам. На основании анализа генеалогии происхождения самоопыленных линий коллекции кукурузы ВИР был сделан вывод, что большая часть линий имеет начало от 16 больших семей линий кукурузы, составляющих 7 – 39 самоопыленных линий в семье (Табл.1).

Таблица 1. Родительские компоненты 16 больших семей кукурузы

№ п/п	Источники семей	Число созданных линий	№ п/п	Источники семей	Число созданных линий
1	V312	39	9	A171	16
2	MK186	35	10	N6	15
3	Minnesota 13	24	11	A357	13
4	A344	21	12	A90	11
5	Lancaster	8	13	Golden Glow	12
6	Reid	9	14	Schindelmeiser	10
7	WF9	7	15	CC5	19
8	Mo17	18	16	Глория Янецкого	10

В коллекции кукурузы ВИР им. Н.И.Вавилова наиболее представительной оказалась семья линии V312 голландского происхождения, поступившей в коллекцию из Молдавии. При использовании этой линии в качестве отцовской или материнской формы в Молдавском НИИ кукурузы и сорго были получены 39 самоопыленных линий кукурузы. Зерновки у всех 39 линий желтого цвета. Лишь одна линия относится к подвиду кремнистой кукурузы и 38 линий к подвиду зубовидной кукурузы. Линии по окраске зерна и стержня початка отнесены к трем разновидностям: flavorubra Korn., xanthodon Al., vulgata Korn. 92% линий имеют красный стержень и лишь 8% – белый.

Коэффициенты вариации по всем четырем признакам низкие –5,9% выход зерна, 20.1% масса 1000 зерен, длина початка – 11,6%, число дней до цветения – 8,5%.

Полученные разновидности из линии V312 сравнивать между собой по основным хозяйственно ценным признакам просто нельзя т.к. они в количественном соотношении несравнимы, тем не менее, по длине початка они почти все идентичны.

Внутри разновидности flavorubra Korn. 36 линий, масса 1000 зерен, длина початка, выход зерна с початка, период вегетации до цветения имеют большой размах варьирования, следовательно, среди этого набора линий есть возможность проводить поиск источников с высокой массой 1000 зерен, и высоким выходом зерна с початка, источников раннеспелости. Размах варьирования по вегетационному периоду составляет 22 дня.

Линия кукурузы МК186 из Молдавии расположилась на втором месте, на ее основе созданы 35 линий. Можно предположить, что эта линия подобна линии А344, одной из лучших американских линий (рис.1), либо какой-то другой линии, родословная которой нам не известна. Поэтому мы приняли решение не проводить обсуждения результатов оценки данной семьи.

Сорт зубовидной кукурузы Minnesota 13 происхождением из США в нашей стране до сих пор пользуется повышенным спросом среди селекционеров, использующих его в качестве отцовской или материнской основы при создании гибридов. Согласно установленной родословной этот сорт стал источником селекционных работ и получения 32 линий кукурузы третьего, 24 линиям второго и 22 первого поколения в США. Произведенная гибридизация и отбор позволили селекционерам создать линии не только зубовидного, кремнистого, но и промежуточного полузубовидного типа. Из всей семьи линий, созданных на основе сорта Minnesota 13, лишь 17% имели белое зерно и белый стержень початка, 83% – желтое зерно, 78% линий характеризовались красным и 5% розовым стержнем початка. В зависимости от происхождения, линии значительно различаются по вегетационному периоду и элементам продуктивности. Масса 1000 зерен варьирует от 139.7 г (Канада) до 230 г (Грузия), период вегетации до цветения – от 48 до 70 дней. Оценка наших данных позволяет предположить, что из сорта Minnesota 13 можно проводить отбор растений для создания линий как крупнозерных, так и раннеспелых с мелким зерном. Размах варьирования по странам по массе 1000 зерен довольно значимый: от 139.7 г из Канады до 230 г из Грузии, а среди линий США он более вариабилен.

По результатам анализа генеалогии линии А344 (начало – гибрид US 53) из США установлено, что она занимает 4 место по количеству полученных на ее основе линий, и пользуется большим спросом среди селекционеров многих стран. В России линия кукурузы А344, стала ценным источником при создании многих районированных гибридов на бывшем постсоветском пространстве. Гибриды с ее участием Слава, Верный, Волна, Буковинский 3 в послевоенный период занимали более 3 млн.га. В настоящий период эта линия вновь обрела популярность в связи с хорошей комбинационной способностью, раннеспелостью, стабильной продуктивностью и устойчивостью к поражению болезнями. Линия Харьковская 44, созданная на основе линии А344 дала начало 14 линиям кукурузы, но данные полевых оценок свидетельствуют о том, что линия Харьковская 44 более скороспелая, чем А344. Семьи линий А344 и Харьковская 44 можно объединить в одну большую семью.

На основе линии А344 селектированы линии зубовидной кукурузы, относящиеся к разновидностям - flavorubra Korn., crocodon Korn., rubropaleata Korn., и линии, по строению зерновки кукурузы, принадлежащие к полузубовидному подвиду. Работы с этой линией проводились в Молдавии, России, Украине, США. Дочерние линии в основном имеют желтый цвета зерна – 89% и только красный стержень початка.

Вариация количественных признаков выше: 6,7% – длина початка, 10,3% – до цветения метелки, 12,8% – выход зерна, 13,4 % – масса 1000 зерен.

Сорта кукурузы американского происхождения стали источниками для следующих линий кукурузы: Lancaster – 8, Reid Yellow Dent – 9, Golden Glow – 12. Самоопыленные линии, созданные на основе сортов кремнистой кукурузы из Германии (Schindelmeiser – 10, Глория Янецкого – 10) на рисунке расположились обособленно. Вегетационный период до цветения семей линий кукурузы на основе этих сортов был короче, чем у самоопыленных линий, имеющих других родителей. История селекции кукурузы в нашей стране свидетельствует о том, что на основе этих сортов были получены лучшие раннеспелые гибриды, занимавшие до 1 млн. га посевных площадей кукурузы в1960–1991 гг. Эти сорта передали линиям кукурузы высокий выход зерна с початка. Линии кукурузы, созданные на основе сортов Schindelmeiser и Глория Янецкого и линии А344, оказались наиболее раннеспелыми, тогда как линии кукурузы, полученные при участии сортов Lancaster и WF9, – позднеспелыми.

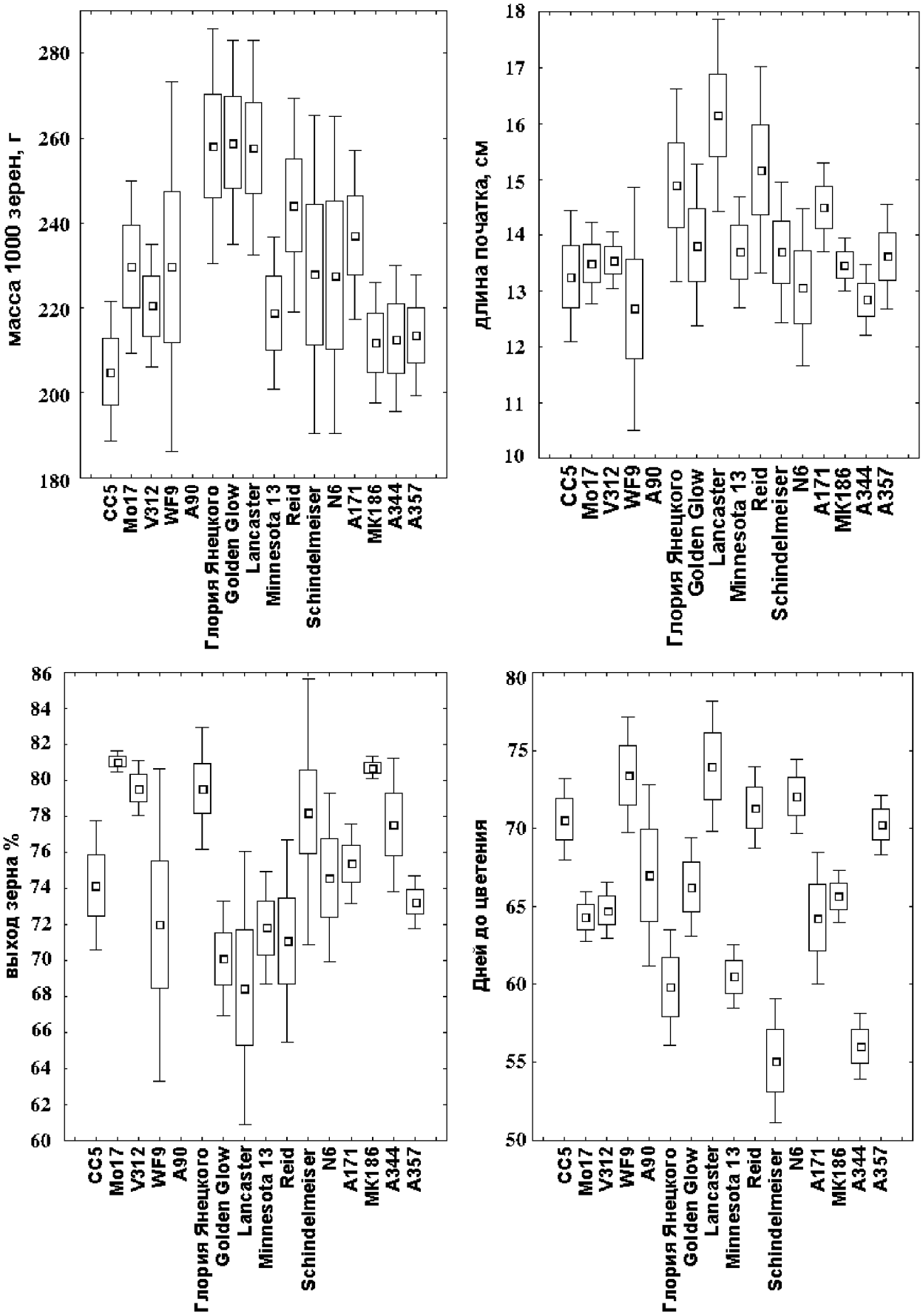


Рис. 1. Сравнение характеристик разных семей, на основе которых были созданы линии. На рисунке представлены параметры - средняя, стандартная ошибка средней, 95%-ный доверительный интервал для всех 16 семей

Линии кукурузы, полученные на основе сорта Lancaster, способны формировать длинный початок, поэтому этот сорт может служить источником указанного признака. Сорта кукурузы американского происхождения Lancaster, Golden Glow и сорт кукурузы из Германии Глория Янецкого – ценные источники для создания самоопыленных линий кукурузы с высокой массой 1000 зерен.

Наибольшую амплитуду варьирования по массе 1000 зерен от 180–280 г показали линии кукурузы, созданные на основе линии WF9. Нам стало известно в последний момент, что эта линия является дочерней линией позднеспелого сорта кукурузы Reid Yellow Dent [6]. В своей работе семьи WF9 и Reid Yellow Dent мы рассматривали независимо друг от друга (рис.1). Проведенный анализ выявил много общего между этими семьями. Семьи линий сорта Reid Yellow Dent и линии WF9 имеют высокую массу 1000 зерен, идентичный выход зерна с початка, позднеспелые, длина початков обеих семей достоверно не различается (на 5%-ном уровне значимости). Вывод – обе семьи близкородственны и могут быть слиты в одну большую семью, в селекционных программах могут быть взаимозаменяемы.

На рисунке 1 представлены и другие семьи, Так семья линии CC5, давшей начало 19 линиям, свидетельствует о ее сильном потенциале, но мы не могли найти источника родословной этой линии. Поскольку эта семья характеризуется позднеспелостью, как и семья линий сорта Reid Yellow Dent, можно предположить, что они родственны. Подтвердить это предположение можно путем скрещивания линий кукурузы разных семей и испытания их гибридного потомства.

Семья линии N6, на основе которой были созданы 15 линий кукурузы, в нашей работе рассматривалась как самостоятельная, но последний источник генеалогии свидетельствует о ее родстве с линией WF9. По 4 признакам можно судить, что обе семьи идентичны, так как на рисунке имеют сходные позиции. Следовательно, семью линии N6 можно отнести по родственным связям к семье сорта Reid Yellow Dent. Таким образом, предположительно возникает большая семья сорта Reid Yellow Dent, в которую вливаются семьи линий WF9, N6.

Семья сорта Lancaster, всегда заслуживала внимание, потому как большая часть отобранных линий вошла в состав многих районированных гибридных комбинаций кукурузы, и пользуется спросом до сего времени в нашей стране.

Выводы

1. Анализ показал родство семей линий созданных на основе: WF9, Reid Yellow Dent и N6.
2. Источники раннеспелости следует искать среди следующих семей: линии A344, сортов Schindelmeiser и Глория Янецкого.
3. Источниками высокой массы 1000 зерен могут служить семьи линий, созданных на основе местных сортов Lancaster, Golden Glow и Глория Янецкого.
4. Источники длинного початка можно искать среди семьи сорта Lancaster.
5. Семья линии Mo17 имела стабильно высокий выход зерна с початка.

Литература

1. *Емельянов И.Е.* Самоопыленные линии кукурузы и их использование в США. Сб.ин. с.-х. информ., 7, 1959.
2. *Кошеляев В.В.* Селекция и семеноводство гибридной кукурузы в условиях орошаемого земледелия аридной зоны/Дисс. на соиск. уч. степ. д. с/х н. Л., 1996
3. Методические указания по выращиванию гибридных и сортовых семян кукурузы и родительских форм гибридов. М. «Сельхозгиз», 1961.
4. *Соколов Б.П.* Избранные труды по селекции и семеноводству кукурузы. Т. 1,2, Днепропетровск, 1970.
5. Банк даних «Генетичні ресурси кукурудзи» та його використання в селекції (Пособник для вчених та спеціалістів біологічного профилю)- Харків, 2001.
6. Генетичне різноманіття зразків кукурудзи національного центру генетичних ресурсів рослин України. (Наукове видания). Харків, 2005.

УРОЖАЙ КОРМА И ЗЕРНА ВАВИЛОВСКИХ ОБРАЗЦОВ ВИКИ НАРБОНСКОЙ *VICIA NARBONENSIS* В УСЛОВИЯХ СЕРБИИ

А. Микич[1], В. Михаилович[1], Б. Чупина[2], М. Вишнякова[3], М. Васич[1], В. Джорджевич[1], В. Перич[4]

[1]Институт полеводства и овощеводства, Нови Сад, Сербия, e-mail: mikic@ifvcns.ns.ac.rs

[2]Университет в Нови Саде, Сельскохозяйственный факультет, Нови Сад, Сербия, e-mail: cupinab@polj.ns.ac.rs

[3]Государственный научный центр РФ Всероссийский научно-исследовательский институт растениеводства им. Н. И. Вавилова РАСХН, Санкт-Петербург, Россия, e-mail: m.vishnyakova@vir.nw.ru

[4]Институт кукурузы Земун Поле, Белград-Земун, Сербия, e-mail: vperic@mrizp.rs

Резюме

Вику в Сербии выращивают в основном на корм. Небольшая коллекция вики нарбонской была создана в институте в Нови Саде, в нее входило около 50 образцов различного географического происхождения. ВИР был одним из дарителей. Первая сербская программа селекции вики нарбонской – выведение сортов кормового и зернового направления, а также в качестве зеленого удобрения. Образец к-35224 отличился самым высоким урожаем зеленого корма (39,1 т/га), образец к-35225 самым высоким урожаем сена (6,5 т/га). Наиболее высокий урожай зерна был у образца к-34264 (2854 кг/га).

FORAGE AND GRAIN YIELDS IN THE VIR ACCESSIONS OF NARBONNE VETCH *VICIA NARBONENSIS* IN THE CONDITIONS OF SERBIA

A. Mikić[1], V. Mihailović[1], B. Chupina[2], M. Vishnyakova[3], M. Vasić[1], V. Đorđević[1], V. Perić[4]

[1]Institute of Field and Vegetable Crops, Novi Sad, Serbia, e-mail: mikic@ifvcns.ns.ac.rs

[2]University of Novi Sad, Faculty of Agriculture, Novi Sad, Serbia, e-mail: cupinab@polj.ns.ac.rs

[3] State Scientific Centre N. I. Vavilov All-Russian Research Institute of Plant Industry of RAAS, St. Petersburg, Russia, e-mail: m.vishnyakova@vir.nw.ru

[4]Maize Research Institute Zemun Polje, Belgrade-Zemun, Serbia, e-mail: vperic@mrizp.rs

Abstract

Vetches in Serbia are mostly cultivated for forage and other forms of voluminous feed and are grown either as pure stands or in mixtures with cereals. A small Narbonne vetch collection has been established in Novi Sad, with about 50 accessions of diverse geographical origin and with VIR as one of the donors. The first Serbian Narbonne vetch breeding programme is aimed at the development of cultivars for forage, grain and green manure. The accession k-35224 had the highest average green forage yield (39.1 t/ha^{-1}), while the highest average forage dry matter yield was in k-35225, with 6.5 t/ha^{-1}. The highest average grain yield was in k-34264 (2854 kg/ha^{-1}).

Introduction

Vetches (*Vicia* spp.) are traditional crops in Serbia and other regions of the Balkan Peninsula. The most important vetch species is common vetch (*V. sativa* L.), while Hungarian (*V. pannonica* Crantz) and hairy vetch (*V. villosa* Roth) have more local significance. Vetches are mostly cultivated for forage and other forms of voluminous feed and are grown either as pure stands or in mixtures with cereals [4].

The only vetch breeding programme in Serbia is carried out in the Institute of Field and Vegetable Crops in Novi Sad. The basis for this and other research on vetches is a vetch collection within the Annual Forage Legumes Collection (AFLCNS), with about 1,500 accessions of about 20 species, with common vetch and large-flowered vetch (*V. grandiflora* Scop.) as the most numerous [5].

Narbonne vetch (*V. narbonensis* L.) is unknown in Serbia, although it was grown locally in some parts of ex-Yugoslavia, such as the Adriatic coast [1]. A small Narbonne vetch collection has

been established within the AFLCNS, with about 50 accessions of diverse geographical origin and with VIR as one of the donors [3]. The first Serbian Narbonne vetch breeding programme has been launched few years ago in the Institute of Field and Vegetable Crops, aimed at the development of multifunctional cultivars, suitable for forage, grain and green manure production.

Materials and methods

A small-plot trial was carried out at the Rimski Šančevi Experiment Field of the Institute of Field and Vegetable Crops during 2007 and 2008. It included five VIR Narbonne vetch accessions, namely k-34264 from Bulgaria, k-34878 from Australia, k-35011 from Portugal, k-35224 from Georgia and k-35225 from Turkey.

The trial consisted of two equal parts. In the first part, there were evaluated characteristics related to forage yield, namely plant height (cm), number of stems (plant^{-1}), number of internodes (plant^{-1}), green forage yield (g plant^{-1} and t/ha^{-1}), forage dry matter yield (g plant^{-1} and t/ha^{-1}) and forage dry matter proportion. In the second part, there were evaluated characteristics related to grain yield, namely number of fertile nodes (plant^{-1}), number of pods (plant^{-1}), number of grains (plant^{-1}), thousand grains mass (g), grain yield (g plant^{-1} and t/ha^{-1}) and harvest index.

All five cultivars in both parts of the trial were sown in early March, with 80 viable seeds m^{-2} [7], a plot size of 5 m^{-2} and three replicates. Each cultivar in the first part of the trial was cut in its own stages of full flowering and formation of the first pods, while each cultivar in the second part of the trial was harvested in its own stage of full maturity of seeds in the first pods.

The study results were processed by analysis of variance (ANOVA) with the Least Significant Difference (LSD) test applied and using the computer software MSTAT-C.

Results and discussion

Forage yield components. There were significant differences at both levels in the average values of the examined forage yield components (Table 1). The average plant height ranged from 51 cm in k-35011 to 70 cm in k-35225. The accession k-35225 also had the greatest average numbers of both stems (2.3 plant^{-1}) and internodes (24.3 plant^{-1}), while the accessions k-34878 and k-35011 had the smallest average values of both stems (1.0 plant^{-1}) and internodes (15.0 plant^{-1} and 15.7 plant^{-1}).

Table 1. Average values of forage yield components in five VIR Narbonne vetch accessions for 2006–2008 at Rimski Šančevi

Accession	Plant height before cutting, cm	Number of stems, plant^{-1}	Number of internodes, plant^{-1}
k-34264	63	2.0	35.0
k-34878	58	1.0	15.0
k-35011	51	1.0	15.7
k-35224	57	2.0	22.3
k-35225	70	2.3	24.3
$LSD_{0,05}$	11	0.7	6.2
$LSD_{0,01}$	17	0.9	7.5

Table 2. Average values of forage yields in five VIR Narbonne vetch accessions for 2006–2008 at Rimski Šančevi

Accession	Green forage yield, g plant^{-1}	Green forage yield, t/ha^{-1}	Forage dry matter yield, g plant^{-1}	Forage dry matter yield, t/ha^{-1}	Forage dry matter proportion
k-34264	32.46	23.0	6.82	4.8	0.21
k-34878	36.26	28.3	6.53	5.1	0.18
k-35011	22.17	16.8	3.38	2.6	0.15

k-35224	50.13	39.1	8.01	6.2	0.16
k-35225	42.91	32.6	8.54	6.5	0.20
$LSD_{0.05}$	11.10	12.1	1.90	2.1	0.05
$LSD_{0.01}$	15.25	16.8	2.47	2.9	0.07

Forage yields. As seen in Table 2, the accession k-35224 had the highest average green forage yields (50.13 g plant^{-1} and 39.1 t/ha^{-1}), what was more than in the preliminary trials in the same conditions with non-VIR accessions [6], while the accession k-35011 had the lowest average green forage yields (22.17 g plant^{-1} and 16.8 t/ha^{-1}). The highest average forage dry matter yields were in k-35225, with 8.54 g plant^{-1} and 6.5 t/ha^{-1}. The average forage dry matter proportion varied between 0.15 in k-35011 and 0.21 in k-34264.

Grain yield components. With significant differences at the levels of 0.05 and 0.01, there was a great variability of all grain yield components between the five examined VIR Narbonne vetch accessions (table 3). The accession k-34878 had the greatest average number of fertile nodes (9.4 plant^{-1}), pods (12.2 plant^{-1}) and grains (31.4 plant^{-1}), while the accession k-35224 had the smallest average number of fertile nodes (3.7 plant^{-1}), pods (4.1 plant^{-1}) and grains (13.2 plant^{-1}). The average values of thousand grains mass ranged between 45 g in k-34878 and 125 g in k-35224.

Table 3. Average values of grain yield components in five VIR Narbonne vetch accessions for 2006–2008 at Rimski Јbančevi

Accession	Number of fertile nodes, plant^{-1}	Number of pods, plant^{-1}	Number of grains, plant^{-1}	Thousand grains mass, g
k-34264	6.2	9.3	39.6	101
k-34878	9.4	12.2	31.4	45
k-35011	6.3	5.9	28.3	118
k-35224	3.7	4.1	13.2	125
k-35225	6.0	12.1	23.2	109
$LSD_{0,05}$	3,6	4,9	18,7	10
$LSD_{0,01}$	4,8	6,5	24,9	13

Grain yields. The highest average grain yield was in k-34264 (4.02 g plant^{-1} and 2854 kg/ha^{-1}), supporting the previously obtained results on a great potential this species [2], while the lowest average grain yield was in k-34878 (1.51 g plant^{-1} and 398 kg/ha^{-1}). The average values of harvest index varied from 0.23 in k-35225 to 0.55 in k-35011.

Table 4. Average values of grain yield and harvest index in five VIR Narbonne vetch accessions for 2006–2008 at Rimski Šančevi

Accession	Grain yield, g plant^{-1}	Grain yield, kg/ha^{-1}	Harvest index
k-34264	4.02	2854	0.50
k-34878	1.51	398	0.24
k-35011	3.35	2546	0.55
k-35224	1.65	1287	0.45
k-35225	2.54	1930	0.23
$LSD_{0,05}$	2.21	233	0.13
$LSD_{0,01}$	2.38	356	0,17

Conclusions

On the basis of the evaluation of their agronomic characteristics, the five VIR Narbonne vetch accessions represent a worthy and interesting material for applied research and may be utilised in breeding programmes for both forage and grain. The evaluation of these VIR accessions will be continued and enriched with the data related to the chemical composition of their forage and grain.

Acknowledgements

Project TR-20083 *Advance in Forage Crops Production for Healthy Feed Production* of the Ministry of Science and Technological Development of the Republic of Serbia.

References

1. *Čižek J.* Proizvodnja krmnog bilja. Sveučilište u Zagrebu. Zagreb, Croatia, 1964. 262 p.
2. *Mihailović V., Mikić A., Ćupina B., Krstić Đ., Milić Đ., Vasiljević S., Sarker A.* Preliminary results of testing narbon vetch (*Vicia narbonensis* L.) in Serbia // Abstracts of the 4th Intern. Food Legumes Research Conf. Food Legumes for Nutritional Security and Sustainable Agriculture. New Delhi, India, 2005. P. 425–426.
3. *Mihailović V., Mikić A., Vasiljević S., Ćupina B., Krstić Đ., Milić Đ., Katić S., Vasić M* A collection of annual legumes at its beginnings // Proceed. of the II Intern. Symp. of Ecol. of the Republic of Montenegro. Kotor, Montenegro, 2006. P. 431–441.
4. *Mikić A., Ćupina B., Katić S., Karagić Đ.* Importance of annual forage legumes in supplying plant proteins // A Period. of Sci. Res. of Field and Vegetable Crops. 2005. № 42. P. 91–103.
5. *Mikić A., Mihailović V., Ćupina B., Krstić Đ., Hauptvogel P., Hauptvogel R., Vasić M, Đuc G, Burstin J.* Genetic resources of vetches (*Vicia* ssp.) in Serbia // Proceed. of the Intern. Conf. Conv. and Molecular Breed. of Field and Vegetable Crops. Novi Sad, Serbia, 2008. P. 121–127.
6. *Mikić A., Mihailović V., Mikić V., Milić Đ., Karagić V., Đorđević V., Taški-Ajđuković K.* Yield and yield components in annual forage legumes // A Period. of Sci. Res. of Field and Vegetable Crops. № 46. P. 393–397.
7. *Turk M A., Tawaha A. R. M, Samara N.* Effects of seeding rate and date and phosphorus application on growth and yield of narbon vetch (*Vicia narbonensis*) // Agronomie. № 23. P. 355–358.

НОВЫЙ СОРТ КАРТОФЕЛЯ – ДУСТИ

С. Наимов[1], К. Партоев[1], М. Сулангов[1], К. Алиев[2], Б. Каримов[2], К. Меликов[2], Карли Карло[3]

[1]Общественная Организация «Тухмипарвар», Таджикистан, e-mail: snaimov@yahoo.com; kurbonali@yhaoo.com

[2]Институт физиологии растений и генетики АН РТ, e-mail: pkurbonali@mail.ru

[3]Международный Центр Картофеля, Ташкент, e-mail: c.carlo@cgiar.com

Резюме

Новый сорт картофеля Дусти получен в результате комбинации методов классической селекции и биотехнологии. По ряду хозяйственно ценных признаков превосходит сорта Кардинал и Жуковский ранний. Сорт передан в 2009 г. в Государственное сортоиспытание для его оценки в разных климатических условиях Республики Таджикистан.

DUSTI – THE NEW POTATO VARIETY

S. Naimov[1], K. Partoev[1], M. Sulangov[1], K. Aliev[2], B. Karimov[2], K. Melikov[2], Carli Carlo[3]

[1]Social Organization «Tukhmiparvar», Tajikistan, e-mail: snaimov@yahoo.com; kurbonali@yhaoo.com

[2]Institute of physiology of plants and genetics of AS of Republic Tajikistan, e-mail: pkurbonali@mail.ru

[3]International Center Potato, Tashkent, e-mail: c.carlo@cgiar.com

Abstract

The new potato variety Dusti created as a result of using both classic and biotechnologic breeding methods on a several commercial traits it has advantages, comparing with potato varieties Cardinal and Jukovsky rannij. The variety Dusti in 2009 is transferred to State Testing Committee for study in the different climatic conditions of Republic Tajikistan.

Введение

В настоящее время картофель во всем мире возделывается на площади более 20 млн. га, урожайность с гектара в среднем 15 тонн, а общее количество производимого картофеля составляет более 330 млн. тонн. Это в среднем по 44 кг на каждого жителя планеты в год. Из клубней картофеля изготавливают более 200 видов блюд. Эта культура поистине является «вторым хлебом» для населения многих стран мира, играя важную роль в обеспечение продовольственной безопасности населения земного шара.

Картофелеводство – важная отрасль сельского хозяйства Республики Таджикистан. Картофель возделывается почти во всех районах республики, в основном на продовольственные цели. Общая площадь под этой культурой в последние годы варьирует в пределах 27–29 тыс. гектаров, что составляет около 4,0% от общей площади пашни в республике.

Дальнейшая интенсификация картофелеводства в республике тесно связана с усилением научно-исследовательской работы по выведению новых интенсивных сортов и налаживанием местного семеноводство картофеля в горной зоне республики. Селекционная работа с культурой картофеля в республике началась в 80–90-е гг. прошлого столетия на базе вновь организованной лаборатории картофелеводства при научно-исследовательском институте "Богпарвар". Тогда вся селекционная работа была направлена только на изучение коллекционного материала, насчитывающего более 300 сортообразцов и гибридов картофеля, полученных из коллекции ГНЦ РФ ВИР им. Н. И Вавилова, а также из других стран Собранный коллекционный материал в основном изучался в условиях Джиргатальского, Файзабадского, Ганчинского и Муминабадского районов республики. Ежегодно среди этих коллекционных сортообразцов выделяли более продуктивные клоны, которые в дальнейшем размножали. Наряду с этим в горных условиях вышеназванных районов осенью также собирали ягоды от самоопыления коллекционных сортообразцов, после чего начали работу по генеративному размножению. В течение осенне-зимнего периода из ягод выделяли ботанические семена сортообразцов картофеля и весной (в конце апреля). В теплице (пос. «Шарора», Гиссарского района) выращивали сеянцы. В мае рассаду (сеянцы) высаживали посадили в открытый грунт в горной зоне. Ежегодно в таких условиях выращивали и изучали более 1000 сеянцев. В результате такой работы нам удалось от самоопыления сорта Monaliza выделить перспективный клон и в 1990 году впервые создать новый перспективный сорт картофеля Зарина. Этот сорт отличался высокой полевой устойчивостью к фитофторозу и высоким содержанием сухого вещества и крахмала в клубнях. Выведенный сорт в отличие от исходного сорта имел более продолжительный вегетационный период и показывал стабильно высокий урожай в условиях высокогорья. В республике сорт Зарина был районирован в 1998 году и сейчас широко возделывается на полях фермеров Файзабадского, Рогунского, Истаравшанского и Муминабадского районов. В результате такой селекционной работы нами выведены новые линии картофеля – Муминобод, Файзобод, Дусти, Шукрона, Нилуфар, Лахш, Овчи, Кухистони, Рашт, Истаравшан и другие сорта. В настоящее время они все проходят предварительное испытание.

Сотрудничество ФАО и Международного центра по картофелю (МЦК) с учеными Таджикистана

В 2004 г. в республике при поддержке ФАО была начата республиканская программа по усилению селекционно-семеноводческой работы по картофелю. Этой программой была предусмотрено усиление научно-технической базы научно-исследовательских институтов физиологии растений и генетики Академии наук Республики Таджикистан, «Биотехнологии» Аграрного университета, НИИ «Богпарвар», НИИ «Ящур» и ряда дехканских хозяйств и местных научно-производственных объединений по выращиванию семенного картофеля. Основная цель данной программы заключалась в организации системы семеноводства картофеля на основе использования методов биотехнологии, а также усиления селекционной работы при создании научных связей с Международным центром по картофелю (МЦК, Перу)

а также с другими международными институтами.

В последние годы в республике, благодаря данной программе, достигнуты определенные успехи по производству оригинального семенного картофеля на основе использования методов биотехнологии (in vitro) и новых перспективных гибридов картофеля. При поддержке данной программы впервые в республике в конце 2006 г. была организована Общественная организация (ОО) по семеноводству картофеля – «Тухмипарвар», в состав которой работают совместно группа ученых и сельские фермеры нескольких горных районов республики. В настоящее время продолжается сотрудничество МЦК, института физиологии растений и генетики АН РТ и ОО «Тухмипарвар» по селекции и семеноводства картофеля в республике.

Материал и методика

Материалом для проведения нашей селекционной работы служили ботанические семена 21 новых линий TPS (True Potato Seeds) картофеля, семена 40 новых гибридных комбинации TS (True Seeds) – F_1 и пробирочных растений 21 гибрида картофеля F_1 (in vitro), полученные из МЦК. Весь этот селекционный материал был высеян в условиях двух горных районов республики – Файзабадском (1700 м. н. у. м) и Ганчинском (2300 м н. у.м.), а пробирочные растения гибридов сначала были подвергнуты микроразмножению в лаборатории Института физиологии и генетики АН РТ, а потом высажены в Файзабадском районе под марлевым изолятором для получения миниклубней. Семена некоторых образцов картофеля TPS также были высеяны в Джиргатальском (2000 м. н. у. м) и Муминабадском (1300 м. н. у. м.) районах.

Посев семян проводили в пластмассовых стаканчиках и контейнерах. Питательным грунтом для посева семян служила смесь перепревшего навоза и почвы (соотношение 1:1). Семена сначала размещали в субстрат и сверху их засыпали тонким слоем субстрата, высотой 0,3–0,5см. После проведения посева семян их поливали водой. Через 10 дней проводили учет всходов семян. По мере достижения высоты растений 8–10 см их пересаживали по схеме 45 × 20см в грунт, в марлевые домики. Во время вегетации проводили подкормку растений минеральными удобрениями и периодический полив. Также проводили учет цветения и их продуктивности. Лучшие клоны с компактным гнездом, большим числом клубней, неглубокими глазками, большим выходом товарных клубней и высокой массой клубней выделяли от каждой гибридной комбинации, как индивидуальные клоновые отборы для дальнейшего изучения в питомнике клонов 1-го года. Таким образом, выделенные нами перспективные клоны картофеля в течение 2006–2008 гг. изучались в условиях ряда горных районов республики при общепринятой агротехнике выращивания.

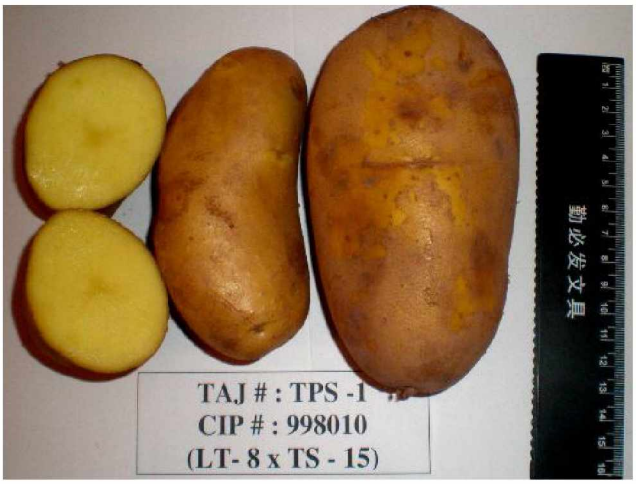
Результаты исследования

В результате изучения 21 линии картофеля TPS, полученных в 2005 году из МЦК, были выделены оригинальные клоны среди популяции из комбинаций скрещивания сортов LT-8 x TS-15 (скрещивания этих сортов проводилось в Перу в предыдущие годы). Эти клоны отличались отсутствием признаков вирусной инфекции, устойчивости к другим болезням и высокой продуктивностью. В дальнейшем клоны этой линий были изучены в условиях разных горных районов республики на высоте более 2000 м. н. у. м. Параллельно в институте физиологии растений и генетики АН РТ клубни данной линий изучались методом иммунно-ферментного анализа на наличие вирусной инфекции. Таким образом, путем сочетания методов классической селекции и биотехнологии со стороны группа таджикских ученых из научно-исследовательского института физиологии растений и генетики АН РТ, ОО «Тухмипарвар», НИИ «Богпарвар» и МЦК в нашей республике создан новый перспективный сорт картофеля, названный нами Дусти (Дружба – тадж.).

Сорт среднерослый, высота растения достигает до 60–80см, Куст мощный, листья светло-зеленного цвета. Формирует много цветков. Окраска венчика белая, продолжительность цветения долгая. Ягодообразование среднее.

Клубни продолговато-овальной формы. Окраска кожуры желтая. Окраска мякоти желтая Вкусовые качества хорошие. Глубина глазков поверхностная. Окраска глазков белая, а ростков бледно-фиолетовая. Кожура клубней гладкая. Сорт является среднепоздний (вегетационный период 80–90 дней). Лежкость клубней при хранении хорошая.





Венчик и клубни сорта картофеля Дусти

Число клубней 9–12 шт. Урожайность высокая и она достигает до 40–45 т/га. Сорт устойчив к вирусу скручивания листьев (L), раку, фузариозу, макроспориозу и к другим грибным болезням. Обладает высокой устойчивостью к жаре и засухе.

Ботва сохраняет зеленую окраску до конца вегетации и при полном созревание не полегает.

Как показывают данные таблицы 1 новый сорт Дусти в условиях Файзабадского, Джиргатальского, Ганчинского, Муминабадского и Варзобского районов по таким хозяйственно – полезным признакам, как число клубней, продуктивность и урожайность значительно превосходит стандартные сорта.

Таблица 1. Продуктивность сортов картофеля (2005-2008 гг.)

Сорта картофеля	Число клубней, шт.	Масса клубня, г.	Продуктив-ность, г/куст	Урожай-ность, т/га	Отклонения от стандарта:	
					т/га	%
Кардинал (станд.)	7,9	87,8	654,0	33,1	0	0
Жуковский ранний	7,5	92,0	691,0	34,9	+ 1,8	5,4
Дусти	11,4	82,7	913,4	46,1	+13,0	39,3
$НСР_{05}$	2,5	6,7	100,5	4,5	6,6	13,5

Таблица 2. Биохимические показатели клубней сортов картофеля (2008 г.)

Сорта картофеля	Содержание сухого в-ва, %	Содержание крахмала, %	Содержание белка, %	Витамин С, мг	Вкусовые качества, балл
Кардинал (станд.)	23,0	13,5	1,3	10,0	25,4
Жуковский ранний	26,0	15,8	1,4	11,0	25,4
Дусти	27,0	14,7	1,6	15,0	29,4

Данные таблицы 2 показывают, что сорт Дусти по содержанию сухого вещества, белка и витамина С, также превосходит стандартные сорта. По вкусовым качествам клубней сорт Дусти также имеет лучшие показатели, чем сорта Кардинал и Жуковский.

Выводы

1. Сочетание методов классической селекции и биотехнологии в условиях Таджикистана позволило ускорить селекционный процесс создания новых сортов картофеля.

2. Новый сорт картофеля Дусти, созданный в результате сочетания методов классической селекции и биотехнологии по ряду хозяйственно-ценных признаков имеет преимущества перед районированными сортами Кардинал и Жуковский ранний. В 2009 г. перспективный сорт Дусти передан в Государственное сортоиспытание в различные районы Республики Таджикистан.

Литература

1. *Партоев К., Каримов Б., Сулангов М., Меликов К., Наимов С., Алиев К., Анварова М., Мукимов Т.* Об оздоровлении семенного картофеля в Таджикистане. В кн.: «Актуальные направления развития научных исследований по картофелеводству и овощеводству». Алма-Ата, Кайнар. 2008. С. 242-246.
2. *Carli C., Khalikov D., Yuldashev F., Partoev K., Melikov K., Naimov S.* Resent advances in potato research and development in Central Asia. Abstracts Global Potato Conference, Delhi, 2008. P. 31
3. *Partoev K., Sulangov M, Melikov K., Naimov S., Aliev K., Davlatnazarova Z.* Potato research and development in Tajikistan. Abstracts Global Potato Conference, Delhi, 2008. P. 34.

ГЕНОГЕОГРАФИЯ АЛЛЕЛЕЙ ЭСТЕРАЗНЫХ ЛОКУСОВ В КУЛЬТУРЕ ЯРОВОГО ЯЧМЕНЯ НА ТЕРРИТОРИИ БЫВШЕГО СССР

В. П. Нецветаев[1, 3], А. А. Поморцев[2], О. В. Нецветаева[3]

[1]Государственное научное учреждение Белгородский научно-исследовательский институт сельского хозяйства Россельхозакадемии, Белгород, Россия, e-mail: netsvetaev@bsu.edu.ru

[2]Институт общей генетики им. Н. И. Вавилова, РАН, Москва, Россия, e-mail: pomortsev@vigg.ru;

[3]Государственное образовательное учреждение высшего профессионального образования Белгородский государственный университет, Белгород, Россия, e-mail: netsvetaeva@bsu.edu.ru

Резюме

Анализ распространения аллелей эстеразных локусов в культуре ярового ячменя на территории бывшего Союза свидетельствует, что «идеальное» сочетание эстеразных факторов для северных областей России и прилегающих регионов будет: *Est 1Ca, 2A, 4A, 5Pi, 11ne, 12Be*. Для южных широт предпочтительнее будут генотипы, имеющие в своем составе следующие аллели: *Est 1Pr, 2C, 4ne, 5od (Te), 11Bo(Af), 12Hi*. Наблюдаемые закономерности во встречаемости аллелей связаны с отбором под действием климатических факторов.

GENE GEOGRAPHY OF ALLELES FOR ESTERASE LOCI IN SPRING BARLEY IN THE FORMER USSR

V. P. Netsvetaev[1, 3], A. A. Pomortsev[2], O. V. Netsvetaeva[3]

[1]State Scientific Institution Belgorod State Institute of Agriculture, Russian Academy Agricultural Science, Belgorod, Russia, e-mail: netsvetaev@bsu.edu.ru

[2]N. I. Vavilov Institute of General Genetics RAS, Moscow, Russia, e-mail: pomortsev@vigg.ru;

[3]Belgorod State University, Belgorod, Russia, e-mail: netsvetaeva@bsu.edu.ru

Abstract

The analysis of allelic distribution for esterase loci in a cultivated of spring barley in the former USSR testifies. The «ideal» combination esterase factors for northern areas of Russia and adjoining regions will be: *Est 1Ca, 2A, 4A, 5Pi, 11ne, 12Be*. The genotypes incorporating the following alleles will be more preferable to southern latitudes: *Est 1Pr, 2C, 4ne, 5od (Te), 11Bo (Af), 12Hi*. Observable laws in occurrence alleles are connected to selection under action of climatic factors: continentality, humidity, temperature.

Введение

Исследование полиморфизма эстераз показало, что он связан с полигенностью контроля этого энзима и множественным аллелизмом отдельных локусов, контролирующих синтез его изоферментов [3, 9–13]. Ранее показано, что частоты ряда аллелей, обусловливающих у ячменя генетический контроль некоторых ферментов и белков, не случайно распределены по территории бывшего СССР [4–6]. В данном сообщении представлены сведения по встречаемости аллелей эстеразных локусов ярового ячменя в зависимости от климатических особенностей исследованных регионов.

Материал и методы

В соответствии с методикой электрофореза эстераз в полиакриламидном геле [3] проводили исследование листовых эстераз ячменя и идентифицировали аллели локусов *Est 1, Est 2, Est 4, Est 5, Est 11* и *Est 12* [1, 2, 3, 4]. С целью изучения закономерностей распространения аллелей эстеразных локусов, исследовалось более 200 сортов ярового ячменя, районированных по территории бывшего СССР с 1929 по 1993 г. В качестве территориальных единиц наблюдения было использовано 25 провинций, входящих в систему природно-сельскохозяйственного районирования территории [7]. Природно-сельскохозяйственная провинция представляла собой часть зоны, характеризующейся биологически важными особенностями почвенного покрова, связанными с макроклиматом и его режимом в годовом цикле. Провинции различались величинами гидротермического и пищевого режимов почв и по основным агроклиматическим показателям (континентальность климата, тепло- и влагообеспеченность вегетационного периода и т. д.).

Состав сортов в пределах провинции определялся по каталогам районированных сортов сельскохозяйственных культур Государственной комиссии по сортоиспытанию. Если сорт районирован в нескольких провинциях, то он учитывался в каждой из них. Частоты рассчитывались из условий: сумма всех аллелей одного локуса в провинции равнялась 1. Если сорта имели по одному аллелю, то их количество составляло число наблюдений. Если сорт нес два аллеля, то доля вклада этого сорта по данному аллелю составляла 0,5 наблюдения. Ошибки оценки частот генов определяли в зависимости от того, сколько аллелей имеет исследуемый генетический фактор. Для диаллельного распределения использовали известные формулы, описанные П. Ф. Рокицким [4]. При множественном аллелизме пользовались формулами, предложенными Ч. Ли [2]. Расчет доли вкладов климатических факторов во встречаемость аллелей вычисляли на основе известных статистических зависимостей [1].

Результаты исследований и обсуждение

Исследование сопряженности приведенных климатических показателей между собой показало, что со всеми климатическими факторами связана влагообеспеченность. Средняя температура июля обнаружила значительную корреляцию (r = +0,914) с суммой эффективных температур (>10°C). Наименее связаны между собой такие показатели, как континентальность и сумма эффективных температур (r = –0,039), сумма эффективных температур и среднегодовое количество осадков (r = –0,346). Континентальность и среднегодовое количество осадков показали отрицательную, но значимую связь (r = –0,416). В целом, три фактора (континентальность, сумма эффективных температур и среднегодовое количество осадков) имели наименьшую статистическую связь между собой, что позволяет оценить вклад каждого как фактора отбора при изучении распространения аллелей в культуре ярового ячменя.

Полученные по 25 провинциям данные показали, что по аллелям *Est 1Pr* и *Est 1Ca* не прослеживалось четкой дифференциации в частотах при продвижении с севера на юг. В то же время наблюдалась тенденция в сторону увеличения встречаемости аллеля *Est 1Pr* и уменьшения частоты фактора *Est 1Ca* при рассмотрении динамики частот аллелей с запада на восток. Учитывая данную динамику в распространении аллелей локуса *Est 1* по территории

бывшего СССР, определяли критические параметры климата, обусловливающие адаптивную ценность эстеразных факторов. Результаты представлены в табл. 1.

Таблица 1. Коэффициенты корреляции между частотами встречаемости аллелей локуса *Est 1* и климатическими показателями региона (25 географических провинций)

Климатические показатели	Символы аллелей	Коэффициенты корреляции	Уровень значимости
Показатель континентальности	*Est 1Pr* *Est 1Ca*	+0,5236 –0,4640	0,9928 0,9805
Сумма эффективных температур (>10°С)	*Est 1Pr* *Est 1Ca*	+0,3591 –0,3788	0,9220 0,9381
Среднегодовое количество осадков	*Est 1Pr* *Est 1Ca*	–0,1846 +0,1938	0,6230 0,6466
Влагообеспеченность	*Est 1Pr* *Est 1Ca*	–0,4559 +0,4553	0,9780 0,9778
Средняя температура июля	*Est 1Pr* *Est 1Ca*	+0,4639 –0,4676	0,9805 0,9816

Как видно, частота распространения аллеля *Est 1Pr* положительно коррелировала с континентальностью климата и температурой окружающей среды. Увлажненность несущественно сказывалась на встречаемости изученных аллелей (табл. 1). Соответственно, частота альтернативного генетического фактора *Est 1Ca* отрицательно коррелировала с континентальностью климата и температурными параметрами среды. Существенную связь частот аллелей локуса *Est 1* с влагообеспеченностью можно объяснить тем, что данный показатель сопряжен с температурными характеристиками климата.

Оценка доли вклада трех климатических параметров в вариацию частот аллелей локуса *Est 1* приведена в табл. 2.

Таблица 2. Доля вклада трех климатических факторов в коэффициент детерминации частот аллелей локуса *Est 1*, обусловленных этими факторами

Символы аллелей	Коэффициенты детерминации	Фактическое значение F	Уровень значимости	Климатические показатели	Доля вклада климатического показателя, %
Est 1Pr	0,9569	178,45	>0,9999	Континентальность Σ эффективных t° Среднегодовое количество осадков Значимость доли вклада	67,0 31,1 1,9 1,9
Est 1Ca	0,9499	152,19	>0,9999	Континентальность Σ эффективных t° Среднегодовое количество осадков Значимость доли вклада	41,2 27,4 31,4 2,3

Полученные результаты показали, что частота аллеля *Est 1Pr* действительно связана в первую очередь с континентальностью климата и, во-вторую, – с температурным режимом. Влажность климата не влияла на распространение данного аллеля. Встречаемость альтернативного фактора *Est 1Ca* также прежде всего была сопряжена с континентальностью зоны, но в этом случае обнаружилось воздействие, кроме влияния температуры, такого показателя, как годовое количество осадков, выпадающих в регионе.

Анализ встречаемости аллелей локуса *Est 2* в культуре ярового ячменя показал, что в направлении с севера на юг частота фактора *Est 2A*, среди районированных по отдельным регионам сортов, уменьшается. Так, если на севере (провинции 3–1 Европейская и 4–1 Прибалтийская) частота аллеля *Est 2A* достигала величины 96–100%, то к югу европейской части (провинции 7–1 Южно-Украинская и 7–2 Манычско-Донская) уменьшалась до 61–75%. Соответственно, встречаемость альтернативного аллеля *Est 2C* в этом направлении увеличивалась с 0 до 39%. При рассмотрении сортимента ярового ячменя в направлении с запада на восток проявилась тенденция в сторону увеличения частоты аллеля *Est 2A* и уменьшения встречаемости фактора *Est 2C*. В связи с полученными результатами о зональных различиях в распространении аллелей локусов *Est 2* проведена оценка климатических параметров, способных влиять на отбор изучаемых генетических факторов. Результаты представлены в табл. 3.

Таблица 3. Коэффициенты корреляции между частотами встречаемости аллелей локуса *Est 2* и климатическими показателями региона (25 географических провинций)

Климатические показатели	Символы аллелей	Коэффициенты корреляции	Уровень значимости
Показатель континентальности	*Est 2A* *Est 2C*	–0,2748 +0,2663	0,8164 0,8018
Сумма эффективных температур (>10°C)	*Est 2A* *Est 2C*	–0,6422 +0,6194	0,9995 0,9990
Среднегодовое количество осадков	*Est 2A* *Est 2C*	+0,7463 –0,7755	0,9999 0,9999
Влагообеспеченность	*Est 2A* *Est 2C*	+0,8515 –0,8579	0,9999 0,9999
Средняя температура июля	*Est 2A* *Est 2C*	–0,7731 +0,7529	0,9999 0,9999

Как видно, частота аллеля *Est 2A* отрицательно коррелировала с температурой окружающей среды это подтверждает данные о том, что этот аллель обусловливает лучшую адаптацию к северным широтам, в то время как фактор *Est 2C* положительно коррелировал с температурой. Следовательно, *Est 2C* действительно склонен к большему распространению в более теплых регионах территории бывшего СССР. Что касается других климатических параметров, то распространение данных аллелей лимитировалось также влагообеспеченностью, обусловленной, кроме температурного режима, и количеством выпадающих осадков (табл. 3). С континентальностью климата распространение изученных аллелей было связано несущественно (см. табл. 3).

Встречаемость аллелей локуса *Est 4* среди возделываемых сортов ярового ячменя в свою очередь зависела от географического положения региона. Так, в направлении с севера на юг увеличивалась частота фактора *est 4* с 55% (провинции 3–1 Европейская, 4-1 Прибалтийская) до 79–95% (провинции 7-1 Южно-Украинская и 7–2 Манычско-Донская). Частота альтернативного аллеля *Est 4A* соответственно уменьшалась среди районированных сортов в направлении с севера на юг. С запада на восток такой четкой динамики в частотах аллелей *Est 4A* и *est 4* не прослеживалось. Оценка климатических факторов, обусловливающих распространение аллелей *Est 4A* и *est 4*, приведена в табл. 4. Как видно, между аллелями локуса *Est 4* и климатическими показателями прослеживается связь, подобная рассмотренной по локусу *Est 2*. Возможно, это можно объяснить тесным сцеплением локусов *Est 2* и *Est 4* в длинном плече хромосомы 3 [10, 11]. Здесь также континентальность несущественно коррелировала с частотами встречаемости аллелей *Est 4A* и *est 4*. В то же время распространение фактора *Est 4A* отрицательно коррелировало с температурой среды, что подтверждает связанную с ним большую адаптацию несущих его генотипов к северным широтам. Встречаемость альтернативного аллеля *est 4* положительно коррелировала с температурой среды (табл. 4). Следовательно, он действительно склонен к большему

распространению в южных регионах, лучше обеспеченных теплом. Кроме этого, частота аллеля *Est 4A* положительно коррелировала с влагообеспеченностью зоны и, соответственно, с количеством выпадающих осадков. Большее распространение аллеля *est 4* было привязано к районам с худшим обеспечением влагой (см. табл. 4), т. е. действительно с южными степными регионами, где его частота достигала 95% (провинция Манычско-Донская).

Таблица 4. Коэффициенты корреляции между частотами встречаемости аллелей локуса *Est 4* и климатическими показателями региона (25 географических провинций)

Климатические показатели	Символы аллелей	Коэффициенты корреляции	Уровень значимости
Показатель континентальности	*Est 4A* *est 4*	–0,2760 +0,2760	0,8183 0,8183
Сумма эффективных температур (>10°С)	*Est 4A* *est 4*	–0,5556 +0,5556	0,9961 0,9961
Среднегодовое количество осадков	*Est 4A* *est 4*	+0,6714 –0,6714	0,9998 0,9998
Влагообеспеченность	*Est 4A* *est 4*	+0,7767 –0,7767	0,9999 0,9999
Средняя температура июля	*Est 4A* *est 4*	–0,6726 +0,6726	0,9998 0,9998

Определение доли вклада трех климатических факторов в вариацию частот аллелей локуса *Est 4*, обусловленных условиями среды, показано в табл. 5.

Данные этой таблицы подтверждают, что распространение аллеля *est 4* в первую очередь связано с температурным режимом, во-вторых – с увлажненностью климата. Континентальность тоже оказывала определенное влияние на встречаемость аллеля *est 4*. Это неудивительно, если учесть связь между среднегодовым количеством осадков в регионах и показателем континентальности, т. е. в данном случае, вероятно, наблюдается опосредованная связь. Подтверждением этому может служить отсутствие влияния континентальности на частоту встречаемости аллеля *Est 4A* (табл. 5). В то же время распространение данного фактора (*Est 4A*) также зависело от таких климатических параметров, как температура и увлажненность.

Таблица 5. Доля вклада трех климатических факторов в коэффициент детерминации частот аллелей локуса *Est 4*, обусловленных этими факторами

Символы аллелей	Коэффициенты детерминации	Фактическое значение F	Уровень значимости	Климатические показатели	Доля вклада климатического показателя, %
Est 4A	0,8769	57,64	>0,9999	Континентальность Σ эффективных t° Среднегодовое количество осадков Значимость доли вклада	5,8 18,3 75,9 5,4
est 4	0,9640	214,67	>0,9999	Континентальность Σ эффективных t° Среднегодовое количество осадков Значимость доли вклада	15,7 55,8 28,5 1,6

По локусу *Est 5*, расположенному в хромосоме 1 ячменя, в яровой культуре наблюдался множественный аллелизм, но в целом доминировал аллель *Est 5Pi*. Анализ встречаемости факторов *Est 5* среди возделываемых сортов разных географических провинций показал

дифференциацию в частотах аллелей при сравнении наборов сортов из различных регионов. Характерно, что в северных широтах доминирует аллель *Est 5Pi*, наблюдавшийся у 69–73% сортов (провинции 4–1 Прибалтийская, 3–1 Европейская). К югу (провинции 7–1 Южно-Украинская, 7–2 Манычско-Донская) частота его уменьшалась до 24–38%. Не меньший интерес вызывала динамика встречаемости рецессивного аллеля *est 5od*, контролирующего отсутствие эстеразной активности в средней зоне зимограмм. Следует отметить, что если на северной границе распространения яровой культуры ячменя фактор *est 5od* наблюдался у 0–4% сортов (провинции 4–4 Западно-Сибирская, 4–1 Прибалтийская), то в южных регионах (провинции 7–2 Манычско-Донская, 6–2 Предкавказская) частота его увеличивалась до 13–17%. С запада на восток четкой дифференциации в распределении указанных аллелей не наблюдалось.

Анализ зависимости распространения аллелей локуса *Est 5* от варьирования климатических факторов представлен в табл. 6. Полученные данные свидетельствуют, что только встречаемость аллеля *est 5od* показала существенную положительную корреляцию с континентальностью климата. Остальные аллели локуса *Est 5* не обнаружили значительной связи с этим показателем характеристики климата. Следует отметить, что вариация по сравнительно редко встречающимся генетическим факторам несущественно коррелировала с климатическими показателями. В то же время динамика таких аллелей, как *Est 5Pi, est 5od* и *Est 5Te* обнаружила зависимость от климатических условий среды. Так, встречаемость фактора *Est 5Pi* была отрицательно связана с температурой среды (табл. 6). Тогда же частоты рецессивного аллеля *est 5od* и кодоминантного *Est 5Te* положительно коррелировали с температурными параметрами регионов, что свидетельствует о лучшей адаптации несущих их генотипов к районам с высокими температурными показателями. С влажностью климата положительно коррелировала частота встречаемости аллеля *Est 5Pi*. Факторы *est 5od* и *Est 5Te* обнаружили отрицательную связь со степенью увлажнения региона (табл. 6).

Таблица 6. Коэффициенты корреляции между частотами встречаемости аллелей локуса *Est 5* и климатическими показателями региона (25 географических провинций)

Климатические показатели	Символы аллелей	Коэффициенты корреляции	Уровень значимости
Показатель континентальности	*Est 5Pi*	–0,2404	0,7529
	Est 5PI	+0,1561	0,5428
	Est 5Pis	+0,1712	0,5869
	est 5od	+0,4292	0,9677
	Est 5Te	–0.1877	0,6311
Сумма эффективных температур (>10°С)	*Est 5Pi*	–0,7965	0,9999
	Est 5PI	–0,3708	0,9320
	Est 5Pis	+0,2734	0,8139
	est 5od	+0.5839	0.9978
	Est 5Te	+0,5906	0,9981
Среднегодовое количество осадков	*Est 5Pi*	+0,5641	0,9967
	Est 5PI	–0,1530	0,5348
	Est 5Pis	–0,0714	0,2656
	est 5od	–0,5021	0,9895
	Est 5Te	–0,3855	0,9430
Влагообеспеченность	*Est 5Pi*	+0,8061	0,9999
	Est 5PI	+0,0407	0,1532
	Est 5Pis	–0,2726	0,8126
	est 5od	–0,7440	0,9999
	Est 5Te	–0,4333	0,9695

Климатические показатели	Символы аллелей	Коэффициенты корреляции	Уровень значимости
Средняя температура июля	*Est 5Pi*	–0,8585	0,9999
	Est 5PI	–0,2866	0,8351
	Est 5Pis	+0,3070	0,8645
	est 5od	+0,7569	0,9999
	Est 5Te	+0,5434	0,9950

Расчет доли вклада трех климатических факторов в динамику аллелей локуса *Est 5*, обусловленную внешними условиями среды, приведен в табл. 7.

Как видно, основная доля вклада в вариацию частот аллелей локуса *Est 5* связана с температурным фактором, за исключением аллеля *Est 5Pi*. Динамика аллеля *Est 5Pi* в первую очередь зависела от вариации в обеспечении осадками, а во-вторую – от температурных параметров. Следует отметить, что на встречаемость аллелей *Est 5Pi, Est 5PI, est 5od* определенное влияние оказывала и континентальность климата (см. табл. 7).

Таблица 7. Доля вклада трех климатических факторов в коэффициент детерминации частот аллелей локуса *Est 5*, обусловленных этими факторами

Символы аллелей	Коэффициенты детерминации	Фактическое значение F	Уровень значимости	Климатические показатели	Доля вклада климатического показателя, %
Est 5Pi	0,9505	154,38	>0,9999	Континентальность Σ эффективных t° Среднегодовое количество осадков Значимость доли вклада	13,5 24,3 61,2 2,2
Est 5PI	0,6617	16,31	>0,9999	Континентальность Σ эффективных t° Среднегодовое количество осадков Значимость доли вклада	44,5 50,4 5,1 18,2
Est 5Pis	0,5775	11,06	=0,9999	Континентальность Σ эффективных t° Среднегодовое количество осадков Значимость доли вклада	18,8 78,8 2,4 24,3
est 5od	0,8126	35,36	>0,9999	Континентальность Σ эффективных t° Среднегодовое количество осадков Значимость доли вклада	14,8 45,0 40,2 9,1
Est 5Te	0,7127	20.51	>0,9999	Континентальность Σ эффективных t° Среднегодовое количество осадков Значимость доли вклада	6,8 75,5 17,7 4,9

Анализ распространения аллелей локуса *Est 11* в разных регионах бывшего Советского Союза показал (табл. 8), что во всех зонах наиболее часто встречался фактор *Est 11Bo*. Рецессивный аллель *est 11ne*, обусловливающий отсутствие быстроподвижной эстеразы (*EST 11*), встречался в северных широтах и восточных регионах, где его частота варьировала от 12–18% (провинции 4–1 Прибалтийская, 3–1 Европейская) до 21–23% (провинции 4–7 Дальневосточно-Амуро-Уссурийская, 6–7 Восточно-Сибирская). В южном направлении

частота фактора *est 11ne* среди районированных сортов уменьшалась до нуля (провинции 7–1 Южно-Украинская, 6–2 Предкавказская, 7–2 Манычско-Донская). Другой аллель, *Est 11Af*, обусловливающий повышенную ферментативную активность в зоне *EST 11* и впервые идентифицированный у сорта Afgan II, концентрируется в юго-восточных районах исследуемой территории, где его частота достигает 15–17% (провинции 6–7 Восточно-Сибирская, 10–11 Южно-Казахстанская, 7–4 Казахстанско-Алтайская). В северных широтах и на западе частота фактора *Est 11Af*, уменьшалась до нуля.

Таблица 8. Коэффициенты корреляции между частотами встречаемости аллелей локуса *Est 11* и климатическими показателями региона (25 географических провинций)

Климатические показатели	Символы аллелей	Коэффициенты корреляции	Уровень значимости
Показатель континентальности	*Est 11Bo*	–0,4464	0,9747
	est 11ne	+0,1819	0,6158
	Est 11Af	+0,4971	0,9885
Сумма эффективных температур (>10°С)	*Est 11Bo*	+0,5665	0,9968
	est 11ne	–0,5879	0,9980
	Est 11Af	–0,2172	0,7029
Среднегодовое количество осадков	*Est 11Bo*	–0,0761	0,2823
	est 11ne	+0,4557	0,9779
	Est 11Af	–0,4072	0,9567
Влагообеспеченность	*Est 11Bo*	–0,1515	0,5597
	est 11ne	+0,5044	0,9899
	Est 11Af	–0,3281	0,8907
Средняя температура июля	*Est 11Bo*	+0,4742	0,9834
	est 11ne	–0,6025	0,9988
	Est 11Af	–0,0540	0,2022

Оценка факторов внешней среды, способных влиять на распространение аллеля *Est 11Af*, показала, что континентальность климата является основным лимитирующим параметром, формирующим его частоту (табл. 8, 9). Судя по корреляционному анализу (см. табл. 8), данный аллель сосредоточен в зонах с недостаточным обеспечением осадками. Температурный режим не оказывал существенного влияния на частоту распространения данного генетического фактора. Рецессивный аллель *est 11ne* показал незначительную корреляцию с континентальностью климата (см. табл. 8) и, соответственно, вклад этого фактора в генетическую вариацию частоты данного аллеля оказался несущественным (см. табл. 9). В то же время встречаемость аллеля *est 11ne* положительно коррелировала с влажностью климата и отрицательно – с температурой внешней среды (см. табл. 8). Определение доли вклада трех климатических факторов в вариацию частоты аллеля *est 11ne* показало, что основной вклад во встречаемость этого аллеля связан с температурой среды. Вторым по значению климатическим фактором является годовое количество осадков, выпадающих в регионе (см. табл. 9).

Таблица 9. Доля вклада трех климатических факторов в коэффициент детерминации частот аллелей локуса *Est 11*, обусловленных этими факторами

Символы аллелей	Коэффициенты детерминации	Фактическое значение F	Уровень значимости	Климатические показатели	Доля вклада климатического показателя, %
Est 11Bo	0,9840	491,66	>0,9999	Континентальность Σ эффективных t° Среднегодовое количество осадков Значимость доли вклада	18,1 75,7 6,2 0,7

Символы аллелей	Коэффициенты детерминации	Фактическое значение F	Уровень значимости	Климатические показатели	Доля вклада климатического показателя, %
est 11ne	0,6185	13,64	>0,9999	Континентальность Σ эффективных t° Среднегодовое количество осадков Значимость доли вклада	10,3 54,6 35,1 21,2
Est 11Af	0,6322	14,42	>0,9999	Континентальность Σ эффективных t° Среднегодовое количество осадков Значимость доли вклада	61,2 12,5 26,2 20,2

Распространение аллеля *Est 11Bo* отрицательно коррелировало с континентальностью климата, но положительно – с температурой. Влажность климата оказывала несущественное влияние на изменение встречаемости данного генетического фактора (см. табл. 8). Оценка доли вклада климатических параметров зоны на отбор аллеля *Est 11Bo* свидетельствует о том, что температурный режим является основным климатическим фактором, приводящим к изменению частот встречаемости *Est 11Bo* (см. табл. 9). Вторым по значению является континентальность климата. Влажность региона имеет третьестепенное значение по влиянию на динамику аллеля *Est 11Bo*.

Локус *Est 12*, контролирующий изоферментный состав эстераз ячменя пристартовой зоны зимограмм, расположен в хромосоме 2 [9]. Среди сортов ярового ячменя найдено два аллеля: *Est 12Be* и *Est 12Hi*. Во всех исследованных географических зонах в культуре ярового ячменя доминировал фактор *Est 12Be*. Альтернативный вариант фермента – эстераза *12Hi*, контролируемый аллелем *Est 12Hi* – встречался только среди некоторых сортов степной зоны южной части территории бывшего Советского Союза. Так, если на севере (провинции 3-1 Европейская, 4-1 Прибалтийская, 4-4 Западно-Сибирская и т. д.) он не был найден ни у одного из районированных здесь сортов, то на юге (провинции 7-2 Манычско-Донская, 7-1 Южно-Украинская, 8-1 Прикаспийская, 7-3 Заволжская) фактор *Est 12Hi* имели 13–18% сортов. В направлении с запада на восток не найдено четкой закономерности в распределении аллелей локуса *Est12* среди сортов ярового ячменя.

Таблица 10. Коэффициенты корреляции между частотами встречаемости аллелей локуса *Est 12* и климатическими показателями региона (25 географических провинций)

Климатические показатели	Символы аллелей	Коэффициенты корреляции	Уровень значимости
Показатель континентальности	*Est 12Be* *Est 12Hi*	+0,0103 –0,0.103	0,0390 0,0390
Сумма эффективных температур (>10°С)	*Est 12Be* *Est 12Hi*	–0,6611 +0,6611	0,9997 0,9997
Среднегодовое количество осадков	*Est 12Be* *Est 12Hi*	+0,3909 –0,3909	0,9466 0,9466
Влагообеспеченность	*Est 12Be* *Est 12Hi*	+0,4894 –0,4894	0,9810 0,9870
Средняя температура июля	*Est 12Be* *Est 12Hi*	–0,6499 +0,6499	0,9996 0,9996

Таблица 11. Доля вклада трех климатических факторов в коэффициент детерминации частот аллелей локуса *Est 12*, обусловленных этими факторами

Символы аллелей	Коэффициенты детерминации	Фактическое значение F	Уровень значимости	Климатические показатели	Доля вклада климатического показателя, %
Est 12Be	0,9865	586,74	>0,9999	Континентальность Σ эффективных t° Среднегодовое количество осадков Значимость доли вклада	1,5 36,5 62,0 0,6
Est 12Hi	0,6032	12,83	>0,9999	Континентальность Σ эффективных t° Среднегодовое количество осадков Значимость доли вклада	0,3 75.3 24,4 22,3

Корреляционный анализ показал (табл. 10), что частота аллеля *Est12Be* отрицательно связана с температурой среды, положительно – с влагообеспеченностью и не коррелировала с вариацией по показателю континентальности. Соответственно, распространение альтернативного аллеля *Est 12Hi* не зависело от континентальности, но показало положительную корреляцию с температурными факторами и отрицательную – с влагообеспеченностью. Оценка доли вклада трех климатических параметров в качестве факторов естественного отбора генотипов, адаптированных к условиям среды и способных в связи с этим определять динамику аллелей ячменя в пространстве, приведена в табл. 11.

Как видно, если на динамику аллеля *Est 12Be* наибольшее влияние оказывает количество влаги, выпадающей в течение года, то частота альтернативного генетического фактора *Est 12Hi* прежде всего зависела от температурных показателей региона. Континентальность климата практически не влияла на распространение изученных аллелей у ячменя.

Заключение

На основе полученных данных можно представить «идеальное» сочетание аллелей эстеразных локусов для северных и южных областей России и прилегающих стран. Так, наиболее адаптированными для Севера можно считать генотипы, имеющие в своем составе следующие аллели: *Est 1Ca, 2A, 4A, 5Pi, 11ne, 12Be*. Для южных широт предпочтительнее будут *Est 1Pr, 2C, 4ne, 5od (Te), 11Bo(Af), 12Hi*. Среди коллекции возделываемых для северных регионов сортов не найдено генотипов с «идеальным» сочетанием изученных аллелей. Близкими к «идеальным» генотипам для севера страны были следующие сорта: Ауксиняй II, Жодинский 5, Майа, Минский, Московский 121, Носовский 2, Нутанс 518, Роланд, Север 1, Торос, Трумпф, Уманский, Устимовский, Miina (*1Ca, 2A, 4A, 5Pi, 11Bo, 12Be*); Пиркка (*1Ca, 2A, 4ne, 5Pi, 11ne, 12Be*). Подобная ситуация сложилась и при выявлении «идеальных» генотипов для южных регионов. Наиболее приближались к «идеалу» следующие сорта: Донецкий 4, Крымский 301 (*1Pr, 2A, 4ne, 5Te, 11Bo, 12Be*), Крымский 17 (*1Ca, 2C, 4ne, 5Te, 11Bo, 12Be*), Лениноаканский 6151 (*1Pr , 2A, 4ne, 5od+Te, 11Bo, 12Be+Hi*), Прикумский 22 (*1Pr, 2A, 4ne, 5od, 11Bo, 12Be*), Уманский 32-28 (*1Pr, 2A, 4ne 5Te, 11Bo, 12Hi*), Харджау местный (*1Pr, 2A, 4ne, 5Pi, 11Af, 12Be*), Черноморец (*1Ca, 2C, 4ne, 5od, 11Bo, 12Be+Hi*), Эней (*1Ca, 2C, 4ne, 5od, 11Af, 12Hi*).

Таким образом, полученные результаты можно использовать для выделения наиболее адаптированных к климатическим условиям региона генотипов при создании новых сортов ярового ячменя.

Литература

1. *Корн Г., Корн Т.* Справочник по математике для научных работников и инженеров. М.: Наука, 1968. С. 31–687.
2. *Ли Ч.* Введение в популяционную генетику. М.: Мир, 1978. С. 83–118.
3. *Нецветаев В. П.* Идентификация листовых эстераз 11 и 12 у ячменя и их генетический контроль // Генетика. 1992. Т. 28, № 3. С. 105–119.
4. *Нецветаев В. П., Поморцев А. А., Крестинков И. С.* Распределение аллелей супероксиддисмутазного локуса, *Sod S*, в культуре ярового ячменя по территории бывшего СССР // Генетика. 1995. Т. 31, № 12. С. 1664–1670.
5. *Нецветаев В. П., Поморцев А. А., Чапля А. Е.* Селективная ценность и геногеография аллелей бета-амилазного локуса у ячменя // Генетика. 2000. Т. 36, № 1. С. 62–70.
6. *Поморцев А. А., Нецветаев В. П., Созинов А. А.* Полиморфизм культурного ячменя (*Hordeum vulgare*) по гордеинам // Генетика. 1985. Т. 21, № 4. С. 629–639.
7. *Природно-сельскохозяйственное* районирование земельного фонда СССР / Под ред. В. В. Егорова. М.: Колос, 1975. 8 с.
8. *Рокицкий П. Ф.* Введение в статистическую генетику. Минск: Вышейшая школа, 1974. 442 с.
9. *Netsvetaev V. P.* Chromosomal location of loci *Est 12* and *Amy 2* in barley // Barley Gen. Newsletter. 1993. V. 22. P. 42–43.
10. *Netsvetaev V. P.* Linkage of *Hordeum spontaneum* blue endosperm gene (*Ble*) and two esterase loci (*Est 4, Est 11*) with marker genes on barley chromosome 3 // Barley Gen. Newsletter. 1992. V. 21. P. 60–63.
11. *Netsvetaev V. P.* Location on barley chromosome 3 of loci *Est 1* and *Est 2*, coding esterases 1 and 2 // Barley Gen. Newsletter. 1992. V. 21. P. 63–66.
12. *Nielsen G., Hejgaard J.* Linkage of a trypsin inhibitor locus (*Itc1*) and two esterase loci (*Est 1* and *Est 4*) with marker loci on barley chromosome 3 // Barley Gen. Newsletter. 1985. V. 15. P. 16–18.
13. *Nielsen G., Hvid S.* Location of the esterase locus *Est 1* on barley chromosome 3 // Barley Gen. Newsletter. 1976. V. 6. P. 45–46.

СОВРЕМЕННЫЕ ПРЕДСТАВЛЕНИЯ О ПЕРВИЧНОМ ЦЕНТРЕ ДОМЕСТИКАЦИИ И ВТОРИЧНЫХ ЦЕНТРАХ ГЕНЕТИЧЕСКОГО РАЗНООБРАЗИЯ ЯБЛОНИ ДОМАШНЕЙ – *MALUS DOMESTICA* BORKH

В. В. Пономаренко

Государственный научный центр РФ Всероссийский научно-исследовательский институт растениеводства им. Н. И. Вавилова РАСХН, Санкт-Петербург, Россия, e-mail: v.ponomarenko@vir.nw.ru

Резюме

Первичным и самым древним очагом доместикации яблони и зарождения культуры на земном шаре явились горные районы Центральной Азии, родоначальником сортов яблони домашней – дикорастущая яблоня Сиверса. Исторически в процессе интродукции одомашненного вида *M. sieversii* образовались вторичные географические и генетические центры, в которых возникли новые сложные популяции внутривидовых и межвидовых гибридов яблони. Первичный центр *M. sieversii*, несмотря на огромное развитие вторичных центров, остается незыблемым источником разнообразия генов и внутривидовых таксонов.

THE MODERN CONCEPTS OF THE PRIMARY DOMESTICATION CENTER AND SECONDARY CENTERS OF GENETIC DIVERSITY OF THE DOMESTICATED APPLE SPECIES *MALUS DOMESTICA* BORKH

V. V. Ponomarenko

N. I. Vavilov All-Russian Research Institute of Plant Industry, St.Petersburg, Russia, e-mail: v.ponomarenko@vir.nw.ru

Abstract

Mountainous regions of Central Asia were the primary and the most ancient home of apple domestication and inception of its cultivation on the globe. The wild apple species *Malus sieversii* was the ancestor of domesticated apple varieties. Historically, the process of the domesticated Malus sieversii introduction has led to the formation of the West and East European secondary geographical and genetic centers. Here, new complex populations of intra- and interspecific apple hybrids have arisen. Despite the rapid development of secondary centers, the primary gene center of *Malus sieversii* remains the stable source of gene diversity and intraspecific taxa.

Яблоня – главная плодовая культура умеренной зоны северного полушария, валовой годовой урожай плодов ее находится в пределах 23–58 млн т. Согласно прогнозам, мировое производство яблок в 2010 г. превысит уровень в 83 млн т. Проблемы сбора, сохранения и использования генетических ресурсов яблони тесно связаны с центрами происхождения и разнообразия видов, форм и сортов. Развивая учение Н. И. Вавилова, П. М. Жуковского, Е. Н. Синской о центрах культурных растений, нами на основании археологических, исторических, ботанических, морфологических и географических данных о видах рода *Malus* установлен первичный центр происхождения яблони домашней [1]. Территория Центральной Азии явилась первичным центром формообразования и возникновения культурного вида *Malus domestica* Borkh.

Основным родоначальником и исходным материалом, на базе которого осуществлялся процесс отбора в природе, одомашнивания и создания сортов яблони домашней, послужил дикорастущий вид – яблоня Сиверса: *M sieversii* (Ledeb.) M. Roem [3].

Яблоню Сиверса можно считать феноменом среди всех видов рода *Malus* как по внутривидовому разнообразию, так и по удивительному сходству с культурными сортами. Нет ни одного вида, имеющего такое поразительное богатство морфологических и биологических признаков. Главное и самое важное отличие *M. sieversii* от всех дикорастущих видов – наличие генетически детерминированных признаков (сладкоплодность и крупный размер плодов), что и послужило основой создания сортов яблони домашней и возникновения ее культуры. Наличие естественных зарослей дикой яблони способствовало зарождению примитивного садоводства. Древнейший первичный очаг садоводства на земном шаре возник в горных районах Центральной Азии.

Данные археологии говорят о высоком уровне растениеводства и самобытности садоводства в древних государствах – Бактрии, Согдианы, Маргианы. Селекционный период в плодоводстве Согдианы (Таджикистан) длился несколько тысячелетий. Растениеводство Бактрии еще древнее [2].

Культура яблони в Центральной Азии на протяжении всего времени не была ведущей, а играла подчиненную роль. На это имелись природно-экономические причины. Ведущими плодовыми культурами явились абрикос, виноград, грецкий орех, сладкие миндали и шелковица (тут). Сушеные плоды абрикоса (курага), винограда (кишмиш), сладкое ядро абрикоса и орехоплодные были важными продуктами в торговле, поскольку отличались транспортабельностью и питательностью; их могли вывозить караванами на очень большие расстояния.

Процесс формирования ареала яблони домашней шел, очевидно, из первичного очага возделывания сначала к соседним сопредельным народам (Иран, Афганистан, государства Закавказья). Иран считается страной древней культуры, по его территории проходили бесчисленные торговые караванные пути с севера на юг и с запада на восток, что служило своеобразной перевалочной базой для интродукции яблони в другие страны [5].

Есть также указания на то, что яблоня культивировалась в Египте во времена Рамзеса II (1317–1251 гг. до н. э.), но и климатические условия Египта, как и Палестины, не благоприятствовали произрастанию яблони. Поэтому культура этого плодового дерева не получила там распространения. Наоборот, климатические условия Армении и Малой Азии способствовали процветанию культуры яблони и увеличению количества сортов. Как можно

предполагать по отрывочным сведениям, в последнем тысячелетии до нашей эры яблоня из этих стран проникла в Древнюю Грецию, а оттуда в Древний Рим.

Греческий философ-натуралист Теофраст (IV в. до н. э.) дал описание двух сортов яблони – Эпирского и Сладкого. В то время в Греции плодоводство достигло своего расцвета. Столь же высокоразвитым было плодоводство в Малой Азии (Понт, Фригия, Кария). После Теофраста лет через 200 Катон – римский писатель и агроном – привел 7 названий яблок. После него Варрон присоединил 2 названия, а Колумелла добавил в перечень еще 6 сортов. В I в. н. э. Плиний добавляет 17 сортов яблони, доведя список до 36 названий. Во времена Римской империи существовало уже значительное разнообразие плодовых культур, в том числе и яблони [4].

Западноевропейский вторичный центр генетического разнообразия яблони домашней. Этот центр имел ведущее значение в распространении культуры яблони и в селекции ее на земном шаре. Римляне после завоевания Галлии (Франция) занесли туда свои сорта яблонь, а с ними и способы их размножения – прививку. В Англию и Ирландию плодоводство, как полагает Плиний, проникает в I в. н. э. благодаря походам римлян.

В Германии плодоводство достигло высокого уровня во времена Карла Великого, который обратил внимание на состояние садоводства в своих имениях, и в капитуляриях дал подробное указание относительно сортов и способов ухода за ними. После него плодоводство в Западной Европе начало сильно распространяться, особенно в монастырях. Как свидетельствуют исторические документы, благодаря монастырям сохранились сорта яблонь во время средневековых крестовых походов, когда культура земледелия вообще была заброшена, когда немало было и внутренних междоусобиц в Европе, разорявших селения и города. Монастыри уцелели и сохранили многие сорта плодовых. В северные страны Европы яблоня стала проникать через Францию и Германию. Со времен Карла Великого до XV столетия включительно сортимент яблони в Европе увеличивался незначительно. Андре Леруа приводит 32 названия яблонь, разводимых в средние века. Жан Баугин (1598, 1613 г.) описал 60 сортов яблони. В каталоге Ле Лектье за 1628 г. перечислено уже 78 сортов. С 768 г. по 1643 г. было уже известно 129 сортов яблонь. Расцвет плодоводства в Западной Европе начался со второй половины XVI в. Стали печатать сочинения по плодоводству, создавать питомники, разрабатывать приемы агротехники. например, в питомниках А. Леруа за 28 лет (с 1845 по 1873 г.) количество сортов увеличилось со 108 до 571. Матье приводит в 1889 г. список сортов яблонь, насчитывающий около 10 тыс. названий.

Во многих странах Европы начинают проводить массовые внутрисортовые скрещивания яблонь. Большинство гибридного материала получается в результате половой гибридизации от свободного переопыления и реже – от подбора родительских пар. Выявление спонтанных почковых мутаций у яблони носит еще случайный характер.

В качестве примера такой ориентировочной селекционной работы можно привести классические работы с грушей Ван-Монса в Бельгии. Он выдвинул теорию, по которой следует выращивать как можно больше сеянцев, а затем проводить отбор лучших. Девиз Ван-Монса был «сеять, сеять и снова сеять». Количество гибридов у него в питомнике составляло около 80 тыс. шт. Свои сеянцы он провел через 5 поколений и создал около 400 сортов, из них 40 не потеряли своего значения и в наше время.

Другие виды яблонь не принимали участия в создании сортов в Западной Европе, за исключением европейской дикорастущей яблони лесной – *M. sylvestris* (L.) Mill., которая широко распространенной в лесах. И, возможно, происходили спонтанные скрещивания ее с культурными формами-сортами. Сибирская яблоня *M. baccata* (L.) Borkh. попала в Швецию из Сибири только в 1767 г. Размножение сортов прививкой иногда приводило к появлению случайных клонов, отличающихся от материнского дерева по срокам созревания, окраске, величине и форме плодов. Выявление спонтанных почковых мутаций у яблони носит еще случайный характер. Например, Малиновый Бремлей был получен от яблони Сеянец Бремлея.

В Англии случайный сеянец назвали Бедфордширский Найденыш, в Германии сеянец стал сортом Ренет Обердика, в Бельгии корнесобственное дерево получило название Де ла тур. При размножении широко распространенных сортов, как, например, Кальвиль Белый Зимний, выращиваемый во многих странах Западной Европы, в Бельгии от свободного опыления получили Кальвиль Виктор Гаж, а в Германии – клон Кальвиль Белый Германский. В это время в разных странах начинают проводить массовые внутрисортовые скрещивания яблони и большинство гибридного материала получается в результате половой гибридизации от свободного переопыления, реже от подбора родительских пар. Однако селекция имеет еще ориентировочное направление. Даже средневековые монахи занимались выведением яблони. Например, в монастыре Картезианского ордена, основанного в XI в. во Франции, были созданы сорта Ренет Картезианский, Монастырское, Монашеское, Патер Ностер, Ренет Кармелитский, Капуцианское яблоко и др. Семенное размножение приводит к огромному разнообразию гибридов из-за своей высокой гетерозиготности. Создается большой селекционный фонд в странах Западной Европы в результате межсортовой гибридизации. Яблоня начинает приобретать важное экономическое значение как одна из ведущих плодовых культур. Европейские селекционеры добились особых успехов в отборе сортов на длительную лежкость и высокие вкусовые качества плодов. В настоящее время крупнейшими производителями яблок являются Польша – 2,43 млн. т, Франция – 2,40 млн. т, Италия – 2,34 млн. т и Испания – 0,96 млн. т.

Восточноевропейский вторичный центр генетического разнообразия яблони домашней. Это крупный вторичный самостоятельный центр, независимый от западноевропейского. Культурная яблоня была занесена в Россию в районы Нижнего и Среднего Поволжья. Волга явилась своеобразным магистральным путем, по которому шла интродукция окультуренных форм яблони Сиверса из Центральной Азии. С очень давних времен в Поволжье выращивали сады путем посева семян («зерновок»), а также корневой порослью и отводками. Экспедициями ВИР выявлены местные стародавние сорта: анисы, скруты, мальты, бели, хорошавки, скороспелки, яндыковское, маммутовское, килинчикское и др. Корнесобственные деревья отличаются долговечностью, высокой засухо- и зимостойкостью. Многовековой гибридный фонд сеянцев яблони в Поволжье позволил создать большое количество оригинальных сортов. Только у Аниса зафиксировано около 70 вариаций и ряд клонов – Анис Алый, Анис Розово-Полосатый и др.

Ч. Гибб и Д. Бэдд, посетившие Россию в 1882 г. высказывают мнение, что Волга представляет собой очень старый яблочный район и что культивируемые в Восточной Европе яблони, по-видимому, имеют более древнее происхождение, чем в Западной Европе.

Второй путь проникновения яблони в Россию проложили греческие колонисты и миссионеры, последовавшие в Крым и доходившие до Киевского княжества по Днепру. Большую известность имели сады в XI в. в Киевском княжестве. Большой по тем временам сад был заложен при Ярославе Мудром Антонием Печерским. Яблоневыми садами славились также издавна Курск, Тула, Орел и другие города России. В Пскове заложили большой плодовый сад в 1473 г. В XIV столетии культура яблони стала распространяться в Московском государстве в монастырских, княжеских и боярских садах.

Шедевром российского северного плодоводства стали сады Валаама, созданные трудом монахов. Сады, находящиеся на широте $61^0 28'$ и долготе $30^0 57'$, являются самыми северными садами в мире. Известно, что яблони росли на острове уже в 1819 г. Специалистов поражало разнообразие: около 45 наименований сортов яблони, произраставших в трех садах монастыря, в суровых условиях севера. По данным Департамента земледелия за 1885 г., в садах числилось 530 деревьев. В 1962 г. на острове проведена ревизия оставшихся живых яблонь, к тому времени сохранилось 304 дерева. Старые деревья имели возраст от 120 до 150 лет и представлены были среднерусскими сортами, такими как Антоновка, Анис, Боровинка, Грушовка, Титовка и др. Поражали их долговечность и зимостойкость. Известно, что сады были посажены на искусственно насыпных почвах, на голом граните.

Большой вклад в дело изучения, описания и выведения новых сортов яблони принадлежит А. Т. Болотову. В 1762 г. в Тульской губернии в селе Дворяниново он начинает работу с яблоней. В результате массовых посевов семян яблони Болотов создает большой гибридный фонд. Он сделал 561 описание сортов яблони и 39 сортов груши. Большинство его сортов мелкоплодны, не имеют большой ценности; из них заслуживают внимания только 14 сортов: Андреевка, Дворяниновка, Гомадановка и др. Крупный прогресс в селекции яблони наметился с использованием межвидовой и отдаленной гибридизации в конце XIX в. И. В. Мичурин в своих работах начал использовать яблоню сибирскую – *M. baccata.* Советские селекционеры получили огромное количество новых сортов и создали большой гибридный фонд – не менее 500 тыс. сеянцев яблони. Селекцией яблони занимался на Северо-Западе П. И. Лаврик; в Центрально-Черноземной зоне – С. Ф. Черненко, Е. Н. Седов, Г. А. Лобанов, С. И. Исаев; на Алтае – И. П. Калинина, Т. Ф. Корниенко; в Поволжье – Г. В. Кондратьева, В. В. Малыченко; на Урале – Л. А. Котов, П. А. Жаворонков, П. А. Диброва; на Дальнем Востоке – А. В. Болоняев и др.

Североамериканский вторичный центр генетического разнообразия яблони домашней. В настоящее время крупный вторичный центр разнообразия яблони сформировался в Северной Америке. До появления европейцев в Новом Свете культурной яблони не существовало. Яблоня домашняя на Американском континенте появилась в середине XVII столетия. Сведения, относящиеся к 1700 г., говорят о выращивании яблони из семян голландскими поселенцами в районе Гудзоновой долины. Распространение яблони происходило посредством семян от европейских сортов. Известна народная легенда о человеке по прозвищу «Джонни – яблочное семя», который, путешествуя по стране, проводил массовые посевы семян. На Тихоокеанском побережье культура яблони возникла первоначально в 1825 г. в форте Ванкувер из семян яблок, полученных из Англии. Культура яблони продвигалась к западу и к 1860 г. проникла в Озаркс (Миссури, южный Иллинойс).

Известно, что более 1100 форм яблони было ввезено из России, и это позволило улучшить селекционную работу в США. Провоз черенков и саженцев через океан оказался невозможен из-за длительности плавания. В США и Канаде проводились массовые посевы сотен тысяч семян с последующим отбором сеянцев. Интересно отметить, что наиболее выдающиеся сорта яблонь произошли из случайных сеянцев. Так случилось, например, со всемирно известным сортом яблони Мекинтош. Фермер Джон Мекинтош поселился в 1790 г. в провинции Онтарио в Канаде. Расчищая участок под пашню он обнаружил 20 сеянцев яблони. В то время яблоня в Канаде считалась большой редкостью. Мекинтош пересадил все растения к своему дому. К 1830 г. в живых осталось всего одно дерево, остальные погибли. Оно и привлекло к себе внимание вкусными и красивыми яблоками. В 1893 г. дерево чуть не погибло. В результате пожара уцелело только несколько ветвей части кроны, которые плодоносили до 1908 г. Всего дерево прожило 112 лет. Есть предположения, что сорт Мекинтош произошел от сеянца сорта Феймез, широко распространенного в то время в Канаде. Сорт Мекинтош стал быстро распространяться – сначала в Канаде, в США, а затем и в других странах земного шара. Благодарные канадские садоводы соорудили яблоне Мекинтош в 1912 г. памятник недалеко от места, где был впервые найден сеянец. С его участием выведено большое количество сортов, так как он хорошо передает потомству свои высокие вкусовые качества: в Канаде – Спартан, Эдгар; в США – Барри, Кендал, Кортланд, Лобо, Мекаун, Милтон, Пуритан; в Японии – Киокко; в Польше – Фантазия; в СССР – Апрельское, Слава Переможцам, Украинское, Млеевская Красавица, Россошанское Вкусное и др. У Мекинтоша найдены клоны и почковые вариации: Блек Микей, Боллер, Корнелл, Корволл, Фэрлей, Женева, Джонсон, Кимбелл, Робинзон, Роджерс, Саммерленд и др.

Основной сорт яблони США – Делишес – случайный сеянец, найденный в 1881 г. в штате Айова и внедренный в промышленное плодоводство в 1895 г. От Делишеса были выделены клоны: Ред Делишес, Ричаред, Старкинг и др. С этой группой клонов связаны следующие сорта: Свит Делишес, Медина, Рюби, Мэлроуз, Орлеанс, Самма Делишес, Легина, Мурасаки и др. Другой известный сорт Голден Делишес, произошел от сеянца,

найденного в штате Восточная Вирджиния в 1890 г. и введен в производство в 1916 г. Селекционеры широко использовали его в скрещиваниях при выведении сортов Спенсер, Блешинг, Ред Голд, Менгоулд, Дукат, Фрейберг, Ореи, Голден Мелон, Мутсу, Шинсей, Хорей, Секан-иши, Аори и др. У Голден Делишеса обнаружено большое количество почковых мутаций типа спур – Голспур, Старкспур, Иеллоуспур и др.

В Южную Америку культуру яблони занесли испанцы в XVI столетии. Прежде всего она возникла в Чили, а оттуда была перенесена в Аргентину. В 1835 г., через 300 лет, Ч. Дарвин в Чили нашел яблоню уже широко распространенной.

В настоящее время вторичный североамериканский центр имеет важное значение в селекции новых сортов яблонь интенсивного типа и в мировом производстве плодов (в пределах 4,8 млн т). В странах Латинской Америки ежегодно выращивают около 0,7 млн т яблок.

Китайский вторичный центр генетического разнообразия яблони домашней. Китай является древней областью происхождения и видообразования рода *Malus*, где произрастает 14 дикорастущих видов яблони. С древнейших времен многие виды используются в декоративном садоводстве: яблони замечательная, холла, хубейская, пратта, торинговидная, юньнаньская и др. Были созданы замечательные по красоте декоративные яблони с махровыми и полумахровыми цветками, разных цветовых оттенков, с сильным ароматом. Яблоня домашняя – одна из наиболее молодых плодовых культур Китая. Сорта были интродуцированы из Европы в 1870 г. в провинции Хубей и Шаньдун. В настощее время культура яблони сосредоточена на значительной части северо-востока и севера страны. В этих районах яблоня является основной плодовой породой. Используются ведущие сорта мирового сортимента, как Джонатан, Старк, Делишес и др. На западе страны, в Синтцзян-Уйгурский автономный район были завезены советские сорта яблок из Алма-Аты, которые в настоящее время с успехом выращиваются. Китай – молодой вторичный центр происхождения яблони домашней, насчитывающей там в своем сортименте до 1000 сортов. В настоящее время в мире основным производителем яблок является Китай – 35,1% от мирового производства. В 2001 г. было выращено 20 млн т яблок.

На основе дифференциального ботанико-географического метода Н. И. Вавилова установлен первичный очаг доместификации Malus domestica. Первичным центром формообразования и возникновения культуры яблони домашней являются горные районы Центральной Азии (Тянь-Шань, Памиро-Алай), родоначальником сортов Malus domestica на земном шаре является вид M. sieversii. Одомашнивание M. sieversii началось не менее 15-20 тыс. лет назад. Основные локусы разнообразия M. sieversii совпадают с древнейшим земледельческим очагом. Главными признаками в создании культурного сортимента послужили сладкий вкус, крупные плоды, наличие антоциана, различие в сроках созревания и т.д. Исторически в процессе изменения географии одомашненного вида M. sieversii образовались вторичные географические и генетические центры, где на обширных территориях посредством мутаций и гибридизации возникли новые сложные гетерогенные популяции внутривидовых и межвидовых гибридов яблони. Важнейшими из них явились западноевропейский и восточноевропейский центры. Эти два вторичных генцентра и послужили «пеклом творения» в создании основного генофонда яблони домашней и распространении культуры на земном шаре.

Литература

1. *Вавилов Н. И.* Центры происхождения культурных растений // Происхождение и география культурных растений. Л., 1987. 121 с.
2. *Жуковский П. М.* Центры происхождения и центры разнообразия. Понятие о первичных и вторичных генцентрах культурных растений // Избранные труды. Л., 1985. С. 119–191.
3. *Пономаренко В. В.* О первичном генцентре происхождении яблони домашней // Тез. докл. XIV Междунр.ген.конгресса. М., 1978. Ч. 2.
4. *Пономаренко В. В.* Происхождение и распространение культуры яблони – *Malus* domestica Borkh. // Бюл. ВИР. Л., 1982. Вып.126. С. 7–12.

5. *Пономаренко В. В.* Идеи Е. Н. Синский в современных исследованиях рода *Malus* Mill. // Бюл. ВИР. Л., 1991. Вып. 216. С. 49–54.
6. *Синская Е. Н.* Динамика вида. М. –Л., 1948. 526 с.

ДОНОРЫ ЭФФЕКТИВНЫХ ГЕНОВ УСТОЙЧИВОСТИ ЗЕРНОВОГО СОРГО К ОБЫКНОВЕННОЙ ЗЛАКОВОЙ ТЛЕ

Е. Е. Радченко[1], А. А. Зубов[1], Е. В. Малиновская[2]
[1]Государственный научный центр РФ Всероссийский научно-исследовательский институт растениеводства им. Н. И. Вавилова РАСХН, Санкт-Петербург, Россия, e-mail: Eugene_Radchenko@vir.rambler.ru
[2]Кубанская опытная станция ВНИИ растениеводства им. Н. И. Вавилова, Гулькевичи, Россия

Резюме

Для селекции предлагаются линии сорго, обладающие высокой устойчивостью к обыкновенной злаковой тле и другими ценными признаками. Показано, что при создании высокопродуктивных и устойчивых к тле форм сорго целесообразно использовать ограниченные (1–2) беккроссы. Во многих случаях потомство BC_1 может быть более приемлемым по агрономическим признакам, чем BC_2. Устойчивость исходных форм к-1362, к-924, к-928, к-929, к-1237 не сцеплена с отрицательными свойствами.

DONORS OF EFFECTIVE GENES FOR GREENBUG RESISTANCE IN GRAIN SORGHUM

E. E. Radchenko[1], A. A. Zubov[1], E. V. Malinovskaya[2]
[1]N. I. Vavilov All-Russian Research Institute of Plant Industry, St. Petersburg, Russia, e-mail: Eugene_Radchenko@vir.rambler.ru
[2]Kuban Experiment Station, N. I. Vavilov All-Russian Research Institute of Plant Industry, Russia

Abstract

Sorghum lines with high level of greenbug resistance and other important traits are proposed for plant breeding. Limited (1–2) backcrossing is an efficient method for developing high-yielding and aphid resistant sorghum forms. In many cases, BC_1 progeny can be more acceptable in terms of agronomic traits than BC2. Greenbug resistance in accessions k-1362, k-924, k-928, k-929, and k-1237 is not linked with unfavorable characters.

Обыкновенная злаковая тля *Schizaphis graminum* Rond. – наиболее опасный вредитель сорго. Дифференциальное взаимодействие фитофага с генотипами растения-хозяина означает, что генетическая однородность возделываемых сортов создает условия для массового размножения насекомого. Широкое возделывание в 80-х годах сортов и гибридов сорго, имеющих в родословной сорт Сарваши, довольно быстро привело к накоплению вирулентных клонов тли.

В отделе генетики ВИР выделены образцы, защищенные неиспользовавшимися ранее в селекции генами устойчивости. Устойчивые формы обладают рядом отрицательных свойств – прежде всего высокорослостью, позднеспелостью, слабой выдвинутостью оси соцветия из влагалища листа (признак, очень важный для механизированной уборки). Очевидно, для эффективного использования в селекционном процессе необходимо создание доноров устойчивости, характеризующихся агрономически приемлемым фенотипом.

Известно, что если устойчивость контролируется небольшим числом генов, в селекции целесообразно использовать метод беккроссов. Этот метод особенно удобен в случае, если

недостатком ранее полученного сорта является восприимчивость к вредным организмам и нет необходимости улучшать его по другим признакам.

В результате многолетней работы сотрудников отдела генетики ВИР и группы сорго КОС ВИР получены частичные аналоги районированных и перспективных сортов на базе двух доноров устойчивости – образцов зернового сорго к-924 (Джугара белая, Западный Китай) и к-1362 (Дурра белая, Сирия).

Применяли ограниченные беккроссы (1–2) с использованием в качестве рекуррентных родителей образцов зернового сорго Зерноградское 54, Урожайное 8, Кубанское красное 1677, Хегари 2259, Л-100. Так как устойчивость носит доминантный характер, проводили непрерывные насыщающие скрещивания. Образцы к-924 и к-1362 устойчивы к обыкновенной злаковой тле на всех этапах органогенеза, поэтому устойчивые растения из расщепляющихся популяций отбирали в фазе всходов, пересаживали в сосуды и доводили до созревания. В полевых условиях осуществляли отбор по основным хозяйственно ценным признакам. В результате получен целый ряд новых доноров устойчивости, сходных по фенотипу с рекуррентными сортами.

Следует отметить, что рекуррентные сорта требуют улучшения не только по устойчивости к тле, но и по другим хозяйственно ценным признакам. Особенностью работы был отбор устойчивых генотипов в самых ранних поколениях (F_1 – F_3), что предоставляло возможность отбирать линии, трансгрессивные по хозяйственно ценным признакам, без риска потерять устойчивость к вредителю в процессе селекции. В предыдущие годы получено свыше 400 устойчивых линий на базе образцов к-1362 и к-924, на КОС ВИР поддерживался обширный материал, представляющий большой интерес для селекции. Целью нашей работы был отбор устойчивых форм, превосходящих рекуррентные сорта и созданные ранее доноры устойчивости по ряду селекционно ценных признаков.

В результате исследований 2002–2006 гг. отобрали 2 линии $F_{13}BC_1$ (Л-100 × к-1362) и 2 линии – $F_{12}BC_1$ (Кубанское красное 1677 × к-1362), превосходящие созданные ранее RSG-доноры устойчивости к насекомому (табл. 1). Нам удалось получить аналоги сорта Кубанское красное 1677, которые существенно ниже рекуррентной формы и донора устойчивости RSG 1-1-96. Аналоги образца Л-100 не отличаются по крупности метелки от исходной формы (размер метелки созданных ранее доноров существенно меньше). По выдвинутости оси соцветия все доноры устойчивости примерно равны и существенно превосходят рекуррентные формы. Наиболее варьирующий признак – выдвинутость оси соцветия. Варьирование по трем другим признакам невысоко (V = 5,76–12,30%).

Отобрали также три улучшенные линии, полученные с использованием образца к-924 (табл. 1). При этом обращали внимание прежде всего на выдвинутость оси соцветия из влагалища листа. Следует отметить, что в данном случае варьирование по этому признаку у созданных линий было невысоким.

Мы надеемся, что полученные нами линии будут использованы в селекционном процессе в самое ближайшее время. Эффективность устойчивости этих форм очень высокая. Клоны, вирулентные к генам устойчивости *Sgr*7 и *Sgr*8 образца к-924, в краснодарской популяции не выявлены, а вирулентные к образцу к-1362 (*Sgr*5 + *Sgr*6) клоны очень редки (в течение 10 лет наблюдений – 0–6%).

Начата работа по созданию устойчивых стерильных линий (нужных не только для селекции, но и для генетических исследований) с использованием образцов из Китая к-928, к-929, к-1237 и стерильной линии Низкорослое 81с. Образец к-1237 защищен двумя доминантными генами устойчивости, одному из которых присвоен символ *Sgr*11. Образцы к-928 и к-929 также имеют по два высокоэффективных доминантных гена устойчивости, отличающихся от генов *Sgr*1 – *Sgr*4, *Sgr*6, *Sgr*9, *Sgr*10. Гены устойчивости образца к-929 отличаются и от гена *Sgr*5. Образец к-928 имеет третий доминантный ген *Sgr*13, экспрессирующийся против отдельных клонов тли [2, 3].

В связи с доминантным характером устойчивости проводили непрерывные насыщающие скрещивания. Растения стерильной линии Низкорослое 81с опыляли пыльцой устойчивых

образцов, полученные гибриды F_1 высевали на КОС ВИР. Так как образцы к-928, к-929 и к-1237 устойчивы к обыкновенной злаковой тле на всех этапах органогенеза, из популяций F_2 в фазе всходов отбирали слабо поврежденные растения, которые доводили до созревания. Устойчивые семьи F_3 высевали на КОС ВИР, где отбирали растения по основным хозяйственно ценным признакам и проводили беккроссирование. В настоящее время получили 330 семей F_1BC_1 – F_3BC_2. Как показали предыдущие исследования, для получения устойчивых фертильных аналогов вполне достаточно 1–2 беккроссов, причем во многих случаях поколение BC_1 превосходит BC_2 по агрономически важным признакам.

В 2005 г. оценили агрономические признаки у 29 семей, сходных по фенотипу с материнской формой (из них 27 – потомства BC_1). В 2006 г. анализировали морфометрические признаки у 79 сходных с материнской формой семей, из них 53 – поколения F_2BC_1–F_3BC_1, 25 – F_1BC_2–F_2BC_2, одна семья – F_1BC_3.

Таблица 1. Характеристика линий, устойчивых к обыкновенной злаковой тле, по селекционно ценным признакам

Образец, устойчивая линия	Длина главного побега, см	Длина метелки, см	Ширина метелки, см	Выдвинутость оси соцветия, см
к-924	239,6	15,4	8	–1
к-1362	181	18,2	6,2	16,2
Хегари 2259	86,4	22,7	5,7	14,1
Л-100	98,4	29,2	8	–2,2
Зерноградское 54	117,6	23	7,8	8,4
Кубанское красное 1677	116,4	26	7,4	2,6
RSG 1-1-96 (Кубанское красное1677^2 × к-1362)	133,2	23,2	5,6	18
RSG 2-1-96 (Л-100^2 × 1362)	92,2	20,8	5,4	7,6
RSG 5-1-98 (Л-100^3 ×1362)	104	22,8	4,4	14,6
RSG 1-2-96 (Хегари 2259^2 × к-924)	80,5	23,4	6,8	5,4
RSG 2-2-96 (Зерноградское 54^2 × к-924)	112,2	23	7	9,4
RSG 3-2-2000 (Кубанское красное 1677^2 × к-924)	97	23	4,4	6
$F_{13}BC_1$ (Л-100 × к-1362)	99,2	26,4	6,6	11,2
$F_{13}BC_1$ (Л-100 × к-1362)	95,4	23,4	6,8	12
$F_{12}BC_1$ (Кубанское красное 1677 × к-1362)	92,2	24,4	5,8	13,4
$F_{12}BC_1$ (Кубанское красное 1677 × к-1362)	93,4	20,2	6	14
$F_{11}BC_1$ (Хегари 2259 × к-924)	92,4	21,8	6,8	9,8
$F_{11}BC_1$ (Зерноградское 54 × к-924)	104,8	22,2	7	11,2
$F_{10}BC_1$ (Кубанское красное 1677 × к-924)	110	20,4	5,8	16,4
$НСР_{05}$	10,4	3,8	1,6	6,2

Длина главного побега. Среди выделенного материала в 2005 г. 20 форм достоверно не отличались от линии Низкорослое 81 (Н-81). В пределах этой группы длина главного побега варьировала от 99,8 до 119,4 см. Высота материнской линии составила 108 см, отцовских форм – от 230,8 до 242,4 см. Ближе всего к материнской форме оказались семьи F_2BC_1 (Н-81 × к-928) – 106 см и F_1BC_2 (Н-81 × к-929) – 110,8 см.

В 2006 г. длина главного побега у 50 форм варьировала от 98,8 до 129 см, что существенно не отличалось от Низкорослого 81 (114,2 см). Девять семей оказались достоверно ниже материнской линии (92,6–97,8 см), из них 6 получены в результате отборов в течение трех поколений после одного цикла возвратных скрещиваний, а 3 формы являются результатом индивидуального отбора в течение двух поколений после одного беккросса. Очевидно, достаточно провести всего лишь одно возвратное скрещивание для получения приемлемых по данному признаку растений.

Таблица 2. Характеристика семей, устойчивых к обыкновенной злаковой тле, по селекционно-ценным признакам

Родительские формы, гибридные семьи	Длина главного побега, см	Кустистость, шт.	Длина листа, см	Ширина листа, см	Выдвинутость оси соцветия, см	Длина метелки, см	Ширина метелки, см
2005 г.							
Низкорослое 81	108	2,6	53	7,2	10,8	25	6,2
к-928	239,6	1,2	59,8	6,6	-1	15,4	7,2
к-929	242,4	1	62,6	6,2	-1,2	14,8	8,2
к-1237	230,8	1,2	61,6	6,6	-2,4	14,2	7,8
F_2BC_1 Н-81с × к-928	115,2	1,2	59,8	8,2	12,9	25,9	6,8
F_2BC_1 Н-81с × к-928	111,6	1,8	52	6,9	15	26,4	5,8
F_{21}Н-81с × к-928	114,2	2	60	7,2	22,7	22,4	5,7
F_{21}Н-81с × к-929	118,2	1,6	60,4	7,2	20,1	25,4	7,3
F_2BC_1 Н-81с × к-929	113,2	1	56,4	6,8	17,8	23,3	7,1
F_1BC_2 Н-81с × к-929	113,2	2,2	61,2	8,2	16,4	25,6	6,2
$НСР_{05}$	13,44	0,88	6,62	0,92	6,99	2,38	1,09
2006 г.							
Низкорослое 81	114,2	2,8	60,2	6	18,6	24,8	5,2
к-928	239,6	1,2	59,8	6,6	-1	15,4	7,2
к-929	242	3	55,4	6	-1,2	16	9,2
к-1237	222,2	1,2	59,4	7	-2,4	15	7,2
F_2BC_1 Н-81с × к-928	131,4	1,6	69	8,8	22,6	23	6,4
F_3BC_1 Н-81с × к-928	109,2	2,4	59,6	7,4	6	26,8	6,4
F_3BC_1 Н-81с × к-928	123,2	4,2	66,8	7,8	15,8	24,8	6,4
F_1BC_2 Н-81с × к-928	110,6	1,6	59,4	28,6	12,2	25,6	7,2
F_1BC_2 Н-81с × к-928	105	3	60,6	9	13,6	23,4	9
F_2BC_2 Н-81с × к-928	105	3,4	64,2	8,8	12,8	25	6,8
F_2BC_1 Н-81с × к-929	123,6	2,4	67,4	9	15	22,8	7,6
F_3BC_1 Н-81с × к-929	124	3	68,4	8,2	15,2	25	6,8
F_1BC_2 Н-81с × к-929	122,2	1,8	65,2	8	17,8	25	7,2
F_1BC_2 Н-81с × к-929	127,4	2,6	68,6	9	14	25	8
F_2BC_2 Н-81с × к-929	120,6	2	59,2	8,4	22,2	22,8	8,2
F_3BC_1 Н-81с × к-1237	104,8	2	58,2	9,2	12,8	20,2	5,6
F_1BC_2 Н-81с × к-1237	118,8	3	68,4	9,4	5	26,8	6,2
$НСР_{05}$	17,4	1,45	9,32	1,52	6,21	3,12	1,78

Таблица 3. Дисперсия селекционно-ценных признаков гибридных семей, устойчивых к обыкновенной злаковой тле. КОС ВИР, 2006 г.

Родительские формы, гибридные семьи	Длина главного побега, см	Кустистость, шт.	Длина листа, см	Ширина листа, см	Выдвину-тость оси соцветия, см	Длина метелки, см	Ширина метелки, см
Низкорослое 81	2,8	0,7	3,5	0,3	2,3	1,1	0,5
к-928	8,9	0,2	2,5	0,4	0,4	0,7	0,2
к-929	17,4	0,9	7,4	0,5	0,5	0,7	0,7
к-1237	8,2	0,2	2,0	0,3	0,6	0,6	0,6
F_2BC_1 Н-81с × к-928	3,3	0,2	2,4	0,4	2,1	0,9	0,4
F_3BC_1 Н-81с × к-928	3,6	0,3	3,0	0,7	1,8	0,4	0,6
F_3BC_1 Н-81с × к-928	3,3	0,5	1,9	0,4	2,7	0,4	0,7
F_1BC_2 Н-81с × к-928	5,1	0,4	4,0	0,9	3,1	0,8	0,5
F_1BC_2 Н-81с × к-928	4,2	0,5	2,0	0,3	1,4	2,0	1,1
F_2BC_2 Н-81с × к-928	3,9	0,4	4,7	0,5	2,7	0,7	0,4
F_2BC_1 Н-81с × к-929	5,7	0,4	4,6	0,4	1,7	1,8	0,2
F_3BC_1 Н-81с × к-929	2,6	0,7	1,2	0,4	5,2	1,5	0,6
F_1BC_2 Н-81с × к-929	2,6	0,6	2,0	0,4	2,7	1,6	0,9
F_1BC_2 Н-81с × к-929	2,2	0,5	1,0	0,4	1,0	1,4	1,1
F_2BC_2 Н-81с × к-929	4,9	0,3	2,0	1,0	1,6	0,7	0,4
F_3BC_1 Н-81с × к-1237	4,6	0,6	2,9	0,6	1,8	1,1	0,7
F_1BC_2 Н-81с × к-1237	5,0	0,6	3,8	0,6	0,9	1,0	0,5

Продуктивная кустистость. Кустистость материнской формы в 2005 г. составляла 2,6, отцовских растений – 1–1,2 продуктивных стебля. Достоверно не отличались от Низкорослого 81 (1,8–2,6 продуктивных стебля) 12 семей, из них 8 семей получены с использованием в качестве отцовской формы образца к-928, 2 – к-929 и 2 – к-1237.

В 2006 г. кустистость материнской линии составила 2,8, отцовских форм – 1,2–3 продуктивных стебля. Достоверно не отличались от материнских растений 67 семей (1,6–3,6 продуктивных стебля). Существенно большей кустистостью по сравнению с Низкорослым 81 характеризовались 5 форм, выделенных в результате 2-3-х индивидуальных отборов после одного цикла возвратных скрещиваний. Наибольшей кустистостью обладала семья F_2BC_1 (Н-81 × к-928) – 4,4 продуктивных стебля на растение.

Длина листа. По длине наибольшего листа из среднего яруса в 2005 г. достоверно не отличались от линии Низкорослое 81 (53 см) 19 семей (49–60,6 см). Длина листа отцовских форм варьировала от 59,8 до 63 см. По данному признаку наиболее близки к материнскому фенотипу 2 семьи: F_2BC_1 (Н-81 × к-928), F_1BC_2 (Н-81 × к-929), длина листа которых составляла 52 и 55,2 см соответственно. Четыре семьи имели длину листа большую, чем у отцовской формы к-929, которая составляла 74,6 см. Все эти семьи получены после одного цикла беккроссирования.

На следующий год существенные отличия от материнской формы по длине листа не выявлены уже у 71 семьи (51,2–69 см). Выделено семь форм, имеющих достоверно большую длину листа, чем у линии Низкорослое 81. Самые длинные листья (75,2 см) имеет семья F_2BC_2 (Н-81 × к-929).

Ширина листа. В 2005 г. по ширине листа (6,2–8,2 см) 27 семей из 29 изученных достоверно не отличались как от материнской, так и от отцовских форм. Значимо отличались семьи F_2BC_1 (Н-81 × к-928) и F_1BC_1 (Н-81 × к-928).

Ширина листа материнской формы в 2006 г. составила 6 см, отцовских – 6-7 см, при этом 78 семей существенно не отличались от линии Низкорослое 81.

Выдвинутость оси соцветия. Достоверно не отличались от линии Низкорослое 81 в 2005 г. 11 семей (10,8–18,1 см). У отцовских форм ось соцветия короче влагалища листа (-2,4 – -1 см). Интересно, что даже после первого цикла возвратных скрещиваний выделились семьи, намного превосходящие материнскую форму по данному признаку. Так, наибольшей выдвинутостью оси соцветия (29,8 см) характеризовалась семья F_1BC_1 (Н-81 × к-928).

В 2006 г. выдвинутость оси соцветия у линии Низкорослое 81 составила 18,6 см, у отцовских форм, как и в предыдущий год, ось соцветия была короче влагалища листа (от -1 до -2,4 см). Наиболее близки к материнскому фенотипу 2 семьи: F_2BC_1 (Н-81 × к-929) – 18,4 см и F_2BC_1 (Н-81 × к-928) – 18,8 см.

Длина метелки. Достоверно не отличались от линии Низкорослое 81 в 2005 г. по длине метелки 22 семьи (22,1-26,9 см), а восемь семей превосходили по этому признаку материнскую форму. Самая длинная метелка (29,4 см) – у семьи F_1BC_1 (Н-81 × к-928).

В 2006 г. по длине метелки не отличались от материнской линии (24,8 см), как и в предыдущем году, также 22 семьи (21,6-27,8 см). Отцовские формы характеризовались короткой метелкой (15–16 см). Тридцать семей существенно превосходили по изученному признаку линию Низкорослое 81. Наиболее длинными метелками (31,6 см) характеризовались растения семьи F_2BC_1 (Н-81 × к-928).

Ширина метелки. По ширине метелки 26 изученных семей в 2005 г. существенно не отличались от линии Низкорослое 81 (5,6–7,3 см). Три семьи оказались сходными с отцовскими формами (7,8–8,2 см).

В 2006 г. 23 семьи не отличались от материнской линии (4,6–6,6 см). У девяти семей метелка несколько шире и сходна с двумя отцовскими формами (к-928, к-1237, ширина – 7,2 см). Наиболее широкой метелкой (свыше 9 см) характеризуются две семьи.

Таким образом, по результатам анализа данных 2005–2006 гг. выделено 13 семей, не отличающихся по изучаемым показателям от материнской линии Низкорослое 81 либо превосходящих ее по ряду признаков (табл. 2). Лабораторное изучение семей в 2005 г.

показало, что большинство форм обладают высоким уровнем устойчивости к обыкновенной злаковой тле и не расщепляются. При анализе потомств в 2006 г. отбракована часть дочерних семей, которые не расщеплялись по устойчивости, однако были несколько хуже по другим анализировавшимся признакам. Все упомянутые в табл. 2 семьи BC_1 и BC_2 высокоустойчивы к популяции фитофага.

Все семьи оказались не только фенотипически близки к рекуррентным формам, но и выровнены по всем изученным признакам, на что указывает очень низкая (сравнимая или даже меньшая, чем у рекуррентной линии) дисперсия по всем изученным признакам (табл. 3). Выдвинутость оси соцветия характеризовалась несколько большим варьированием, однако широкий размах изменчивости этого признака отмечен и у материнской формы.

Помимо описанных выше фертильных устойчивых аналогов линии Низкорослое 81, нами проводился отбор и стерильных линий. Пока что отобрана одна достаточно стабильная стерильная линия Низкорослое $81c^2\times$ к-928. Отобраны стерильные растения и из двух других комбинаций скрещиваний.

Результаты наших экспериментов показывают, что при создании высокопродуктивных и устойчивых к обыкновенной злаковой тле форм сорго целесообразно использовать ограниченные беккроссы. Во многих случаях потомство BC_1 может быть более приемлемым по агрономическим признакам, чем BC_2. Устойчивость используемых доноров не сцеплена с отрицательными свойствами.

Очевидно, образцы сорго к-928, к-929 и к-1237 с новыми генами устойчивости к обыкновенной злаковой тле отвечают всем требованиям, предъявляемым к донорам [1]: они легко скрещиваются с улучшаемыми сортами и дают при этом высокофертильное потомство, достаточно универсальны и не имеют отрицательных признаков, генетически сцепленных с устойчивостью к вредителю.

Литература

1. *Мережко А. Ф.* Система генетического изучения исходного материала для селекции растений (Методические указания). Л., 1984. 70 с.
2. *Радченко Е. Е.* Идентификация генов устойчивости сорго к обыкновенной злаковой тле // Генетика. 2000. Т. 36, № 4. С. 510-519.
3. *Радченко Е. Е.* Наследование устойчивости образцов зернового сорго и суданской травы к обыкновенной злаковой тле // Генетика. 2006. Т. 42, № 1. С. 65-70.

ПОЛИМОРФИЗМ КРАСНОДАРСКОЙ ПОПУЛЯЦИИ ОБЫКНОВЕННОЙ ЗЛАКОВОЙ ТЛИ ПО ВИРУЛЕНТНОСТИ К РАСТЕНИЯМ-ХОЗЯЕВАМ

Е. Е. Радченко, Т. Л. Кузнецова

Государственный научный центр РФ Всероссийский научно-исследовательский институт растениеводства им. Н. И. Вавилова РАСХН, Санкт-Петербург, Россия,
e-mail: Eugene_Radchenko@vir.rambler.ru

Резюме

В 1994–2008 гг. анализировали внутривидовой полиморфизм *Schizaphis graminum* (Rondani). Результаты изучения ограниченных выборок клонов демонстрируют высокую изменчивость насекомого по вирулентности к образцам сорго и ячменя – как общую, так и сезонную. Наши данные показывают, что важную роль в сезонной вариации генетической структуры популяций обыкновенной злаковой тли играют абиотические факторы.

POLYMORPHISM OF THE KRASNODAR GREENBUG POPULATION FOR VIRULENCE TO HOST PLANTS

E. E. Radchenko, T. L. Kuznetsova
N. I. Vavilov All-Russian Research Institute of Plant Industry, St. Petersburg, Russia,
e-mail: Eugene_Radchenko@vir.rambler.ru

Abstract

Intraspecific polymorphism in *Schizaphis graminum* (Rondani) was studied in 1994–2008. The study of restricted samples of the greenbug clones demonstrated a very high overall and seasonal variability of the insect virulence to sorghum and barley accessions. The obtained data showed the key role of abiotic environmental factors in seasonal dynamics of a greenbug population genetic structure.

Для большинства вредных организмов характерно дифференциальное взаимодействие с генотипами растения-хозяина. Распространение на обширных территориях фитопатогенов и насекомых, способных успешно размножаться на устойчивых ранее сортах, может привести к огромным потерям урожая. Среди членистоногих примеры формирования биотипов с новой вирулентностью наиболее многочисленны для тлей. Возможность приспособления к хозяину вызывает необходимость изучения изменчивости популяций насекомых.

Обыкновенная злаковая тля *Schizaphis graminum* Rond. – олигофаг, повреждающий злаки преимущественно в южных регионах страны. Наиболее значительный ущерб наносит сорго. Неоднородность популяций насекомого в странах бывшего СССР впервые выявили при изучении устойчивости двух образцов сорго к ставропольской и узбекской популяциям [7]. Дальнейшие эксперименты подтвердили различие восьми европейских и двух азиатских популяций тли. Была показана относительная изоляция популяций *S. graminum* из европейской части России и Азии (Узбекистан, Казахстан): гены устойчивости образцов сорго Дурра белая и Соргоградское оказались эффективны против европейских популяций тли, а сорта Сарваши – против азиатских. Показали также, что в пределах краснодарской популяции присутствуют по крайней мере два биотипа, различающихся по вирулентности к Сарваши [2]. Полиморфизм *S. graminum* позволил предположить изменчивость краснодарской популяции и по вирулентности к другим образцам сорго.

В 1994–2008 гг. анализировали изменчивость краснодарской (Кубанская опытная станция ВИР, Гулькевичский район) популяции фитофага, которого собирали на сорго в начале августа (707 клонов). В лабораторных условиях по шкале от 0 (нет повреждений) до 10 оценивали поврежденность образцов сорго с идентифицированными генами устойчивости к тле: Сарваши (гены устойчивости *Sgr1* + *Sgr2*); Shallu (*Sgr3*); Deer (*Sgr4*); Соргоградское (*Sgr5*); Дурра белая (*Sgr5* + *Sgr6*); Capbam (*Sgr12*) [3, 4]. В нашем распоряжении были также 82 клона, выделенные в 1999, 2001 и 2002 гг. из саратовской (НИИСХ Юго-Востока) популяции тли, питавшейся на сорго (46, 12 и 24 клона соответственно). В 2002 г. изучали изменчивость 23 клонов из узбекской популяции (насекомых собирали на посевах пшеницы под Ташкентом в середине мая).

Поврежденность образцов Дурра белая и Deer авирулентными клонами не превышала двух баллов. Довольно широкое варьирование характерно для сортов Сарваши (1–3 балла) и Соргоградское (2–4 балла). Поврежденность образца Shallu авирулентными клонами из краснодарской популяции составляла преимущественно 3 балла, а при взаимодействии Shallu с авирулентными клонами из саратовской популяции не превышала 1 балла. Мы полагаем, что это различие может быть обусловлено проявлением против саратовской популяции насекомого гена (генов) устойчивости, нетождественного *Sgr3*. Вирулентные клоны во всех случаях обусловливали поврежденность растений 9–10 баллов.

В течение всех лет мониторинга встречаемость клонов, вирулентных к образцу Дурра белая, была неизменно низка (0–6%). Частоты вирулентности к остальным образцам сорго отличались достаточной стабильностью вплоть до 2001 г. В последние годы существенно возросла доля клонов, вирулентных к сорту Соргоградское. Частоты вирулентных клонов к

четырем образцам сорго (особенно к Сарваши и Сарbam) заметно снизились. Сходные тенденции характерны и для саратовской популяции насекомого. Клоны, вирулентные к образцу Дурра белая, здесь не выявлены. В узбекской популяции, напротив, эти клоны преобладают. Следует отметить, что почти половина (47,8%) клонов тли, собранных на посевах пшеницы под Ташкентом, оказалась авирулентна ко всем изученным образцам сорго.

Среди изучавшихся нами образцов лишь сорт Сарваши широко использовался в селекционных программах России с начала 70-х годов прошлого века в качестве донора устойчивости к *S. graminum*. Пик популярности сортов и гибридов сорго, защищенных генами устойчивости *Sgr1* и *Sgr2*, пришелся на 80-е годы. Генетическая однородность сортов привела к накоплению вирулентных клонов: в 90-е годы их доля составляла 82–88%. Однако после 2001 г. частоты таких клонов заметно уменьшились, что может быть связано с существенным снижением площадей, занятых в Краснодарском крае сортами и гибридами с генами устойчивости *Sgr1* + *Sgr2*, и вытеснением вирулентных к Сарваши клонов авирулентными на восприимчивых сортах.

Это изменение частот могло быть, по крайней мере отчасти, обусловлено миграцией тли из сопредельных регионов во время вспышек массового размножения насекомого, наблюдавшихся в 2001, 2002 и 2006 гг. Изменение частот вирулентных клонов после 2001 г. показано на всех изученных формах сорго, за исключением образца Дурра белая. На общность эпидемиологической зоны в европейской части России указывает и обнаружение в краснодарской популяции после 2002 г. авирулентных к образцу Shallu клонов, которые обусловливают поврежденность растений не выше 1 балла, что ранее было характерно только для саратовской популяции фитофага. В то же время снижение частот вирулентных к Сарваши клонов наблюдается и в саратовской популяции тли, т. е. это – общая тенденция для основных зон соргосеяния в России (Северный Кавказ и Поволжье).

Популяция тли из Узбекистана, как и в предыдущих наших исследованиях, резко отличается от европейских популяций: преобладают вирулентные к образцу Дурра белая клоны насекомого, а минорную часть популяции составляют клоны, вирулентные к Shallu.

Представляет интерес причина высокой частоты в узбекской популяции клонов насекомого, вирулентных к генам устойчивости *Sgr5* и *Sgr6*, так как Дурра белая – местный образец зернового сорго из Сирии, никогда не высевавшийся в Узбекистане на обширных площадях. Наши предыдущие исследования показывают, что причиной могла быть сопряженная эволюция фитофага и растения-хозяина в Азии. Так, в течение трех лет поврежденность местных образцов Дурра белая и к-1240 (Джугара белая, Западный Китай) 169 клонами тли всегда совпадала. По отношению к популяции вредителя у этих форм сорго проявляется один доминантный ген устойчивости, по отношению к отдельным клонам доминантный и рецессивный, т. е., вероятно, гены устойчивости образцов к-1240 и к-1362 тождественны [3].

Интересно также резкое возрастание в европейских популяциях тли за последнее время клонов, вирулентных к сорту Соргоградское, имеющему ген *Sgr5* – один из двух генов устойчивости образца Дурра белая. К сожалению, статистические сведения о сортименте и площадях, занятых сорго на юге России, нам недоступны. Тем не менее, изменение структуры популяций насекомого могло быть следствием давления отбора. Во всяком случае присутствие гена *Sgr5* у сорта Соргоградское, полученного во ВНИИ сорго и других зерновых культур (Зерноград, Ростовская обл.), уже свидетельствует о вовлечении в селекционный процесс форм, несущих *Sgr5* и, возможно, *Sgr6*. Еще один пример – выявленное нами ранее [2] совпадение вирулентности 112 клонов тли к образцу Дурра белая и сорту сахарного сорго Одесский 360 (Украина), что позволяет предположить присутствие общего гена (генов) устойчивости. Таким образом, целенаправленно не использовавшиеся в селекции гены устойчивости *Sgr5* и *Sgr6* могут обнаруживаться в самом разнородном материале.

В 2002–2007 гг. анализировали также сезонную изменчивость краснодарской популяции *S. graminum*. Клоны тли собирали на посевах сорго в июне (активная миграция насекомого на

поля), июле (максимальная численность), августе (начало спада численности) и, в ряде случаев, конце сентября – начале октября (появление амфигонного поколения). Оценивали поврежденность растений двух групп дифференциаторов, каждая из которых содержала 3 образца сорго. Первая группа состояла из сортов Deer, Сарваши и Сарbam, вторая – из образцов Shallu, Сорговградское и Дурра белая. В каждой группе в случае авирулентности клона тли (устойчивости дифференциатора) образцу присваивали значение 0. В случае вирулентности (восприимчивости сорго) первому образцу присваивали значение 1, второму – 2, третьему – 4. Фенотип вирулентности клона тли обозначали числом из двух цифр, каждая из которых являлась суммой реакций устойчивости (восприимчивости) дифференциаторов. Для оценки изменчивости субпопуляций тли использовали критерии, предложенные Л. А. Животовским [1].

Среди 985 клонов тли идентифицировали 42 фенотипа вирулентности. Плотность популяции *S. graminum* на сорго не влияет на внутрипопуляционный полиморфизм насекомого. Так, при вспышке массового размножения тли (2002 г.) идентифицировали 23 фенотипа вирулентности, а в период депрессии (2003 г.) – 22. В исследованиях 1994–2001 гг. [6, 9] всегда преобладал фенотип 71, характеризующийся вирулентностью к использовавшимся в селекционных программах России и США образцам Сарваши и Shallu. В 2002 г. в двух первых сборах также преобладал фенотип 71 (табл. 1), однако в августе его частота была очень низка (0.058). Следует отметить, что ранее сравнивали вирулентность клонов, собранных именно в августе. В 2003–2008 гг. фенотип 71 уже не доминировал, хотя и обнаруживался ежегодно.

Найдены незначительные различия между летними субпопуляциями по среднему числу фенотипов, т. е. степень изменчивости по этому признаку примерно равна. По доле редких фенотипов различия между тремя летними сборами в ряде случаев были существенны, например в 2002 и 2003 гг. июньские и августовские выборки клонов более выровнены по частотам фенотипов в сравнении с июльскими (табл. 1). Критерий сходства варьировал от 0,27 до 0,82; согласно критерию идентичности различия между летними субпопуляциями в большинстве случаев были значимы. Различия между осенними сборами не выявлены. Сравнили также июньские (т. е. начало заселения посевов сорго тлей) и осенние субпопуляции и обнаружили существенные различия между субпопуляциями, собранными осенью 2003 г. и в июне 2004 г. ($P<0,01$).

Результаты изучения ограниченных выборок клонов, собранных в одном пункте, на одном поле, наглядно демонстрируют очень высокую изменчивость *S. graminum* по признаку вирулентности к *Sgr*-генам устойчивости сорго – как общую, так и сезонную.

Наши экспериментальные данные показывают, что:

– для проведения популяционных исследований обыкновенной злаковой тли необходим анализ многократных выборок насекомого, собранных в разные сроки вегетации хозяина;

– при изучении устойчивости образцов к *S. graminum* для заселения растений следует использовать смесь субпопуляций, собранных в различные сроки.

Таблица 1. Фенотипическое разнообразие субпопуляций *S. graminum* по вирулентности к образцам сорго

Дата сбора субпопуляции	Изучено клонов	Число фенотипов вирулентности	Доминирующие фенотипы вирулентности	Частота доминирующего фенотипа	Среднее число фенотипов ($\mu \pm Sm$)	Доля редких фенотипов ($H \pm Sh$)
2002						
июнь	58	14	71	0,24	11,34 ± 0,72	0,19 ± 0,05
июль	57	18	71	0,20	11,60 ± 1,14	0,36 ± 0,01
август	52	15	10	0,21	12,48 ± 0,78	0,17 ± 0,01
сентябрь	5	4	72, 73	0,40	3,90 ± 0,28	0,03 ± 0,07

Дата сбора субпопуляции	Изучено клонов	Число фенотипов вирулентности	Доминирующие фенотипы вирулентности	Частота доминирующего фенотипа	Среднее число фенотипов (μ ± Sm)	Доля редких фенотипов (H ± Sh)
2003						
июнь	56	17	13	0,20	14,66 ± 0,78	0,14 ± 0,05
июль	11	6	13	0,27	2,11 ± 0,86	0,65 ± 0,14
август	45	13	11	0,20	11,35 ± 0,65	0,13 ± 0,05
октябрь	18	8	33	0,50	6,53 ± 0,73	0,18 ± 0,09
2004						
июнь	37	16	73	0,27	13,70 ± 0,56	0,14 ± 0,06
июль	37	16	23	0,14	14,56 ± 0,60	0,09 ± 0,05
август	16	12	33, 73	0,19	9,70 ± 0,68	0,19 ± 0,10
2005						
июнь	28	12	03	0,25	11,31 ± 0,59	0,13 ± 0,06
июль	37	11	33	0,38	9,12 ± 0,44	0,17 ± 0,06
август	43	16	33	0,40	11,64 ± 0,41	0,27 ± 0,07
сентябрь	17	5	03	0,41	4,55 ± 0,49	0,09 ± 0,07
2006						
июнь	29	16	12, 33, 63	0,10	15,34 ± 0,71	0,04 ± 0,04
июль	25	14	43	0,20	11,25 ± 0,58	0,20 ± 0,08
август	54	19	31, 33	0,11	17,21 ± 0,53	0,09 ± 0,04
2007						
июнь	65	15	13	0,35	11,44 ± 0,79	0,24 ± 0,05
июль	52	18	73	0,25	14,24 ± 1,01	0,21 ± 0,06
август	53	16	11	0,36	12,34 ± 0,92	0,23 ± 0,06
2008						
июнь	70	22	03	0,35	17,88 ± 1,03	0,19 ± 0,05
июль	60	19	73	0,25	15,12 ± 0,99	0,20 ± 0,05
август	60	26	73	0,36	21,14 ± 1,28	0,19 ± 0,05

Таким образом, мы ежегодно наблюдали серьезные изменения структуры популяции за короткий промежуток времени. Одно из возможных объяснений – ассимиляция иммигрантов при вспышках размножения тли в 2002 и 2006 гг. Однако существенную сезонную изменчивость отмечали и в период депрессии (2003–2005 гг.). Другим объяснением могла бы стать мейотическая рекомбинация, однако летом тля размножается только партеногенетически. При отсутствии или незначительной миграции основным фактором, воздействующим на изменчивость локальной популяции, может быть влияние хозяина (отбор клонов, более приспособленных именно к этому генотипу растения). Для этого необходимы большие площади генетически однородных сортов. Однако в наших экспериментах существенное влияние отбора по вирулентности на хозяине маловероятно, так как тлю собирали лишь на самых восприимчивых формах, особенно в годы с низкой численностью насекомого, а в 2007 и 2008 гг. – только на стандартном сорте Кубанское красное 1677. Разнообразие хозяина также не может объяснить очевидные изменения генетической структуры популяции тли: это разнообразие в течение сезона вегетации было постоянно, а фенотипическое разнообразие фитофага изменялось.

Наши данные свидетельствуют о важной роли абиотических факторов: изменение условий среды может обусловливать дифференциальный отбор в популяции *S. graminum*. В пользу этого положения свидетельствует выявленная нами сезонная изменчивость тли, собранной на сорго, по вирулентности к образцам ячменя, т. е. культуры, которая в июне уже созревает и не является хозяином тли в период сбора субпопуляций.

Анализировали вирулентность 87 собранных летом клонов тли к шести образцам ячменя. Оценивали поврежденность устойчивых к ряду идентифицированных в США биотипов

насекомого сортов Post, Wintermalt и Herb, а также выделенных в отделе генетики ВИР образцов к-16190, к-15600 из Китая и к-28129 из КНДР [5]. Использовали такой же подход, как и при работе с сорго. Образцы распределили в две группы в следующем порядке: Post–Herb–Wintermalt и к-16190–28129–15600. Выявили 31 фенотип вирулентности насекомого. В июне преобладал фенотип вирулентности 31, в июле – 41, в августе – 00. Критерий сходства варьировал от 0,281 до 0,475; различия между субпопуляциями были значимы в двух случаях из трех.

Образец к-16190 в начале вегетации сорго оказался наименее устойчив к тле: 85% клонов обусловливали его гибель, однако к концу сезона частота вирулентных клонов снизилась более чем вдвое. Обратная ситуация – с образцом к-15600: в июне все клоны были авирулентны к нему, а в июле и августе около трети насекомых обусловливали его гибель. Частота авирулентных к сорту Herb клонов в середине сезона резко повысилась, однако в августе вновь отмечено существенное снижение эффективности устойчивости этого сорта.

Данные о влиянии абиотических факторов на структуру популяций *S. graminum* скудны. Известна одна работа, где показано различие фотопериодических реакций у *S. graminum* биотипов С и Е, которые различаются по вирулентности к образцам ряда зерновых культур [8]. В нашей работе к концу сезона (сентябрь – октябрь) обычно преобладали фенотипы тли, вирулентные к сорту Сарваши (75–80%), хотя, например, в 2003 г. частоты вирулентных клонов летом составили последовательно 0,38, 0,45 и 0,47. В данном случае может иметь значение дифференциальная фотопериодическая чувствительность: для индукции амфигонного поколения у вирулентных к Сарваши фенотипов тли требуется меньшая длина дня.

Для определения роли абиотических факторов в динамике структуры популяции *S. graminum* оценили плодовитость 76 клонов тли, содержавшихся в климатических камерах при трех режимах: 1) температуре 21°С, фотопериоде 16 ч (наиболее благоприятные для развития тлей условия); 2) температуре 21°С, фотопериоде 12 ч; 3) температуре 25°С, фотопериоде 16 ч. При этом на восприимчивой линии сорго Низкорослое 81 подсчитывали личинок, отрожденных индивидуально изолированными 11 самками на 5-й день после начала репродуктивного периода. Дисперсионный анализ показал достоверное влияние разных режимов освещения и температуры на плодовитость *S. graminum* (табл. 2).

Таблица 2. Результаты дисперсионного анализа плодовитости 76 клонов *S. graminum* при трех режимах содержания

Вариация	Степени свободы	Суммы квадратов	Дисперсии	Fфакт.	Fтабл.	
					5%	1%
Факториальная	2	211,53	105,76	25,8	3,14	4,92
Остаточная	73	299,24	4,10			
Общая	75	510,77	6,81			

В табл. 3 представлены результаты эксперимента для произвольно выбранных клонов насекомого. Почти во всех случаях наименее плодовитыми оказались клоны, помещенные в условия короткого фотопериода. Лишь клон 6 не реагировал на изменение фотопериода и температуры. Повышение температуры сказалось благоприятно на репродукции клона 4, а клон 5 размножался интенсивно и при оптимальной, и при повышенной температуре воздуха. Таким образом, под воздействием абиотических факторов может меняться относительная конкурентоспособность клонов насекомого, и, следовательно, изменение условий среды приводит к дифференциальному отбору в популяциях насекомого.

Таблица 3. Плодовитость клонов *S. graminum* при различных режимах содержания

№ клона	Фенотип вирулентности	Плодовитость тлей за 5 дней репродукции при фотопериоде, ч		
		16 ч, 21°С	12 ч, 21°С	16 ч, 25°С
1	10	10,7 б*	7,1 а	8,4 а
2	12	17,1 в	6,4 а	9,4 б
3	13	13,0 б	7,6 а	9,1 а
4	33	6,5 а	5,3 а	9,8 б
5	33	9,2 б	4,7 а	7,7 аб
6	77	8,5 а	8,3 а	8,6 а

*Различия между вариантами, обозначенными разными буквами по горизонтали, существенны по многоранговому критерию Дункана ($P < 0,05$).

Работа поддержана РФФИ (грант № 09-04-00786).

Литература

1. *Животовский Л. А.* Показатели популяционной изменчивости по полиморфным признакам. В кн.: Фенетика популяций. М.: Наука, 1982. С. 38–44.
2. *Радченко Е. Е.* Генетика устойчивости зерновых культур к тлям и проблемы селекции // Генетика. 1994. Т. 30, № 10. С. 1374–1380.
3. *Радченко Е. Е.* Идентификация генов устойчивости сорго к обыкновенной злаковой тле // Генетика. 2000. Т. 36, № 4. С. 510–519.
4. *Радченко Е. Е.* Наследование устойчивости образцов зернового сорго и суданской травы к обыкновенной злаковой тле // Генетика. 2006. Т. 42, № 1. С. 65–70.
5. *Радченко Е. Е., Звейнек И. А., Тырышкин Л. Г., Коновалова Г. С., Семенова А. Г., Хохлова А. П.* Ячмень. Устойчивость образцов из Юго-Восточной Азии к вредителям и болезням // Каталог мировой коллекции ВИР. СПб.: ВИР, 2004. Вып. 751. 43 с.
6. *Радченко Е. Е., Лычагина Н. С.* Изменчивость по вирулентности краснодарской и саратовской популяций обыкновенной злаковой тли // Проблемы защиты растений в Поволжье. Самара, 2002. С. 94–97.
7. *Радченко Е. Е., Якшин Г. В.* Устойчивые к обыкновенной злаковой тле образцы сорго // Селекция и семеноводство. 1990. № 1. С. 26–27.
8. *Eisenbach J., Mittler T. E.* Polymorphism of biotypes E and C of the aphid *Schizaphis graminum* (Homoptera: Aphididae) in response to different scotophases // Environ. Entomol. 1987. V. 16, № 2. P. 519–523.
9. *Radchenko E. E., Lychagina N. S.* Physiological and genetic variation in *Schizaphis graminum* (Sternorrhyncha: Aphididae) populations // Acta Soc. Zool. Bohem. 2003. V. 67, № 3. P. 15–23.

ИЗУЧЕНИЕ ДИКИХ СОРОДИЧЕЙ ПШЕНИЦЫ ПО СОДЕРЖАНИЮ Fe И Zn НА ФОНЕ КУЛЬТУРНЫХ ФОРМ И ИХ ГИБРИДОВ

Т. В. Савин[1], А. И. Абугалиева[2], К .К. Кожахметов[2]
[1]Казахский Национальный Аграрный Университет, Алматы, Казахстан
[2]ТОО «Казахский научно-исследовательский институт земледелия и растениеводства», п.Алмалыбак, Ерлепесова 1, Казахстан, 040909
e-mail: kiz_abugalieva@mail.ru

Резюме

Зерно 130 образцов *T. aestivum*, *T. timopheevi*, *T. militinae*, *T. kihara*, *T. dicoccoides*, *Ae. cylindrica* и *Ae. triaristata* и их гибридов (F_6) было проанализировано по содержанию Fe, Zn, содержанию протеина, количества и качества клейковины. Выявлено стабильное преобладание форм с повышенным (>60 мг/кг) содержанием Fe, включающих материал *T. dicoccoides* > *T. kihara* > *T.*

militinae > *Ae. cylindrica* = *Ae. triaristata* > *T. timopheevi*. Выделенные формы охарактеризованы и дифференцированы по хозяйственно-полезным показателям (содержание протеина, количество и качество клейковины).

WILD WHEAT, AEGILOPS SPECIES AND TR.AESTIVUM EVALUATION BY IRON, ZN, PROTEIN GRAIN CONTENT

T. V. Savin[1], A. I. Abugalieva[2], K. K. Kozhahmetov[2]
[1]Kazakh Agrarian University, Almaty, Kazakhstan
[2]Kazakh Research Institute of Farming and Crop Science, Almalybak, Yerlepesova 1, Kazakhstan, 040909
e-mail: kiz_abugalieva@mail.ru

Abstract

Grains of 130 accessions of wild Triticum (*T. timopheevi, T. militinae, T. kihara, T. dicoccoides*), two Aegilops species (*Ae. cylindrica u Ae. triaristata*) bread wheat cultivars and its hybrids, grown over two years in South Kazakhstan, were analyzed for iron and zinc content, protein content, gluten qualitity and quantitati. The wild and Aegilops species including hybrid material showed up to 1.5-2 fold higher iron content (>60 mg/kg) by direct: *T. dicoccoides* > *T. kihara* > *T. militinae* > *Ae. cylindrica* = *Ae. triaristata* > *T. timopheevi*.

Дикие сородичи пшеницы являются источником многих хозяйственно полезных признаков и, прежде всего, устойчивости к абиотическим и биотическим факторам среды. С точки зрения, содержания минеральных элементов, в частности, содержание Fe и Zn наиболее изучены образцы *T. diccocoides*, как предшественника *T. durum*, отличающегося относительно повышенным содержанием Fe в зерне [1] и образцы эгилопсов [2].

В наших исследованиях использован материал К. К. Кожахметова, созданный им на протяжении многих лет путем гибридизации видов *T. timopheevi*, *T. militinae*, *T. kihara*, *T. dicoccoides*, *Ae. cylindrica* и *Ae. triaristata* [3]. Практически все дикие сородичи имели повышенный фон Fe – выше 64 мг/кг, но не отличались при этом высоким содержанием Zn (32–38 мг/кг). В урожае 2-х репродукций отмечено стабильное преобладание по содержанию Fe в ряду: *T. dicoccoides* > *T. kihara* > *T. militinae* > *Ae. cylindrica* = *Ae. triaristata* > *T. timopheevi*.

Безусловно, этот ряд работает непосредственно для данного региона и для данных образцов, представляющих дикие виды пшеницы. Коммерческие сорта озимой пшеницы уступают диким сородичам по содержанию Fe и практически не различаются по содержанию Zn (рис. 1).

Изученные 2 набора гибридов между дикими сородичами и сортами озимой пшеницы характеризовались близким диапазоном изменчивости содержания Fe в зерне (табл. 1). Первый набор, включающий константные формы (F_5–F_6) на основе ПЭГ (пшенично-эгилопсный гибрид) отличался стабильно повышенным (относительно) фоном по содержанию Fe. Стабильно по 2-м репродукциям выделяются линии потомства ПЭГ × *T. kihara* (59–60 мг/кг) и ПЭГ × *T. militinae* (57–59 мг/кг) и сложных гибридов (ПЭГ × *T. kihara*) × Стекловидная 24 (57–62 мг/кг) и (ПЭГ × *T. kihara*) × Алмалы (56–59 мг/кг), а также представляют интерес линии, полученные в скрещиваниях между Жетысу × *T. kihara* (57–58 мг/кг). На данном наборе показано, что наиболее результативным для повышения Fe в зерне оказалось включение *T. kihara*.

На основе изучения 65 линий из гибридных комбинаций, второго набора включающих дикие сородичи с насыщением культурных сортов имеющих коммерческое значение выявлено 5 линий стабильно превышающих (по содержанию Fe 55 мг/кг) в сравнении со всеми остальными, но ниже, чем в образцах диких сородичей, выращенных в этом же опыте (61–63 мг/кг для *Ae. cylindrica* и *Ae. triaristata*. Это потомство скрещиваний: Жетысу × *T. militinae* (2); Жетысу × *T. militinae* (5); (Безостая 1 × *Ae. cylindrica*) × Карлыгаш (7);

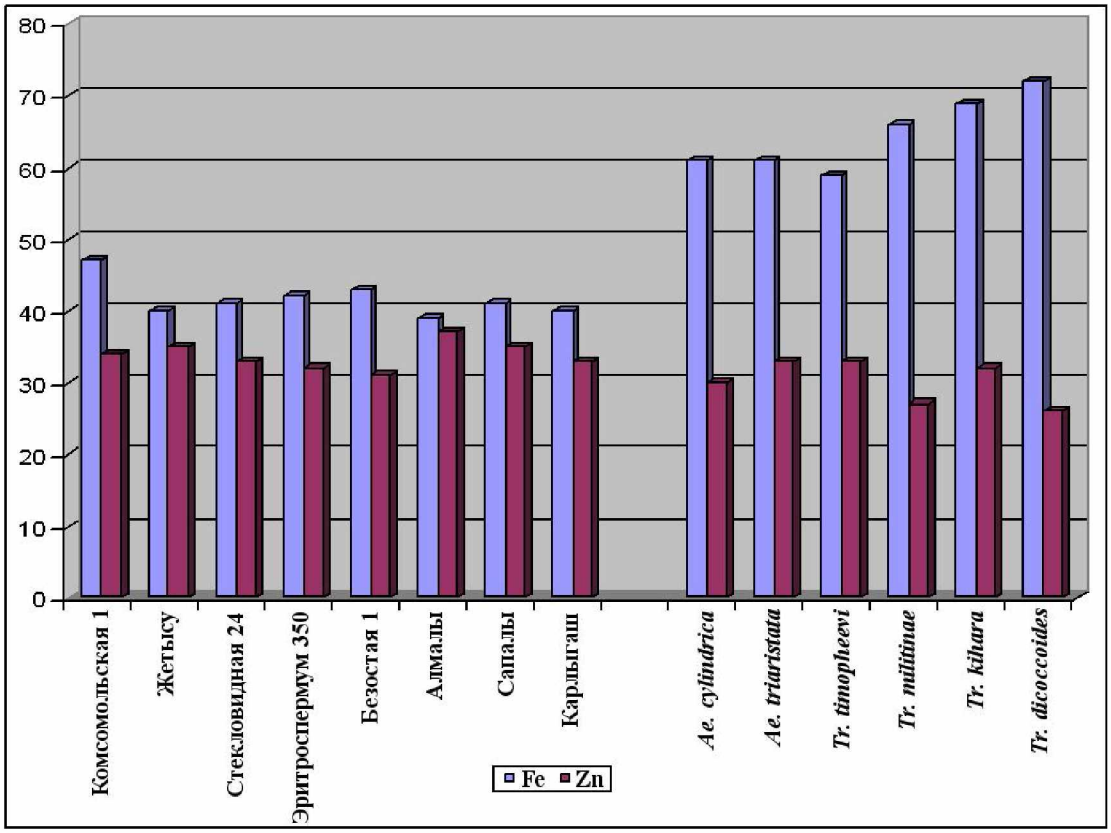


Рис. 1. Содержание Fe и Zn в зерне диких сородичей и сортов озимой мягкой пшеницы, использованных как родительские формы в скрещиваниях между ними

Эритроспермум 350 × *T. militinae*) × Эритроспермум 350 и (Прогресс × *T. timopheevi*) × Эритроспермум 350.

В яровом варианте гибриды характеризуются размахом изменчивости сопоставимым с таковым для гибридов в озимом варианте. При этом стабильно выделяются линии из гибридных комбинаций Казахстанская 10 × *T. dicoccoides* (59–60 мг/кг); Казахстанская 10 × *T. kihara* (60 мг/кг); 6625 × *T. timopheevi* (59-60 мг/кг). Насыщающие гибриды последней комбинации с сортами Арай и Казахстанская раннеспелая сохраняли уровень 60 мг/кг Fe в зерне.

Таблица 1. Диапазон изменчивости содержания Fe в зерне диких сородичей пшеницы, сортах и гибридах между ними (мг/кг)

Изученные наборы	Яровые (17)		Озимые (49+65)	
	2006	2007	2006	2007
Дикие	-	-	53-66	51-64
Культурные (1) (2)	46-48 -	37-47 -	47-52 38-47	44-50 36-48
Гибриды (1-й набор) константные формы	55-59	54-60 53-60	53-59	51-62 53-59
Гибриды (2-й набор линии)	-	-	44-53	46-54

Известно, что дикие сородичи формируют зерно не всегда выполненное, мелкое. Расчет содержания элементов в валовых значениях не всегда позволяет оценить его биологическую концентрацию в расчете на зерно или растение как биологическую единицу, что требует специального их изучения для целенаправленного использования диких сородичей пшеницы, и гибридов с ними, в специальных селекционных программах по биофортификации, в том

числе, с учетом технологической пригодности зерна. С этой точки зрения константные материнские формы (F_6) и гибридный материал с их участием оценен по содержанию и качеству клейковины. Только из зерна *Aegilops triaristata* была отмыта клейковина – 44,0% с качеством 120 ед. ИДК. Константные формы формировали повышенное содержание клейковины (материнские относительно родительских сортов (табл. 2) в ряду *T. kihara* (до 44,0%) > *T. timopheevi* (до 36,0%) > T. *militinae* (до 35,2%). Последующее насыщение различным сортовым материалом в селекционных программах сопровождалось формированием зерна с количеством клейковины в близких пределах 29,2–42,0% и 26,0–36,8% в зависимости от различных сортов.

В гибридном материале отмечена тенденция ухудшения качества (95–100 ед.) относительно сортов (90 ед. ИДК) за исключением генотипов повторного скрещивания на культурные формы. Выделено ~ 10% образцов из всего материала, перспективных по качеству клейковины. Это образцы (Стекловидная 24 × *T. timopheevi*) × Жетысу; (Стекловидная 24 × *T. timopheevi*) × Стекловидная 24; (Эритроспермум 350 × *T. militinae*) × Стекловидная 24; (Эритроспермум 350 × *T. militinae*) × Алмалы; (Безостая 1 × *Ae. cylindrica*) × Карлыгаш; (Безостая 1 × *Ae. triaristata*) × Алмалы и (Безостая 1 × *Ae. cylindrica*) × *T. kihara*.

Таблица 2. Диапазон изменчивости количества и качества клейковины сортов и гибридов с дикими сородичами (W) урожая 2006–2007 гг.

Генотипы	Количество клейковины, %		Качество клейковины, ед. ИДК		
	min	max	min	max	Ср.
Сорта (С)	25.2	35.2	80	105	90
Ae. triaristata	44.0		120		120
С х *T. militinae*	30.8	35.6	95	105	95
С х *T. kihara*	34.0	44.0	90	100	95
С х *T. timopheevi*	28.8	36.0	80	100	100
С х *Ae. cylindrica*	30.8		100		100
(С х W) х сорта	29.2 26.0	42.0 36.8	80 80	105 115	90 95
(С х W) х *T. kihara*	24.8	33.2	80	100	90

Увеличение количества клейковины в гибридных формах вполне объяснимо повышенным содержанием протеина в зерне диких сородичей (табл. 3).

Таблица 3. Содержание протеина и белковых фракций в зерне диких сородичей пшеницы, ур. 2006 г.

Образцы	Общий протеин, %	Альбумин + глобулин		глиадин		глютенин	
		N, %	отношение к общему белку, %	N, %	отношение к общему белку, %	N, %	отношение к общему белку, %
№73 – *Ae. triaristata*	21.5	5.6	26.1	5.2	24.2	6.2	28.8
№74 – *Ae. cylindrica*	21.9	5.8	26.5	5.8	26.5	6.6	30.1
№98 - *T. timopheevi*	15.5	3.7	23.9	3.8	24.5	5.2	33.6
№99 – *T. militinae*	21.8	5.6	25.7	6.8	31.2	6.5	29.8

Литература

1. *Cakmak, I., Ozkan H., Braun, H.J., Welch, R.M., and Romhrld*, V. 2000. Zinc and Iron concentration in seed of wild, primitive, and modern wheats. Food Nutr Bull. 21:401-403.

2. *Tiwari V.K., Rawat N, Singh N., Randhawa G.S., Singh K., Chhuneja P., Tripathi Sk, Dhaliwal H.S.* Evaluation and utilization of Aegilops Germplasm for biofortification of wheat for high grain iron and zinc content. - In.: IV IWQC, Saskatoon, Canada, 2-6 June 2009.
3. *Abugalieva A.I., Kozhahmetov K.K., Savin T V., Seitkazinov A.* Winter wheat cultivars, wild Triticum and its hybrid as a raw material for different end use. - In.: IV IWQC, Saskatoon, Canada, 2-6 June 2009.

ИЗУЧЕНИЕ И ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ВАВИЛОВСКОЙ КОЛЛЕКЦИИ ГЕНЕТИЧЕСКИХ РЕСУРСОВ БАКЛАЖАНА В АРМЕНИИ

К. М. Сарикян
Научный центр овощебахчевых и технических культур, пос. Даракерт, Араратский марз, Армения
e-mail: karuine_sarikyan@mail.ru

Резюме

Приведены результаты изучения образцов баклажана из коллекции ВИР в Армении, а также использования их в селекции в качестве исходного материала. Из полученного гибридного фонда выделены перспективные комбинации и созданы новые доноры селекционно-ценных признаков – по продуктивности, скороспелости, биохимическому составу.

THE STUDY AND USE OF THE VIR COLLECTION OF EGGPLANT GENETIC RESOURCES IN ARMENIA

K. M. Sarikyan
Scientific Center of Vegetables and Industrial Crops, Darakert, Ararat marz, Armenia, e-mail:
karuine_sarikyan@mail.ru

Abstract

The paper offers the results of studies of eggplant accessions from the VIR collection in Armenia and their use in breeding as the initial material. The produced range of hybrids was used for selecting promising combinations and creating new donors of such traits of importance for breeding as productivity, earliness and biochemical composition.

Баклажан – сельскохозяйственная культура разнообразного использования: пищевого, лекарственного, технического. Его возделывают глобально, почти во всех странах земного шара. Ценность баклажана объясняется высоким содержанием минеральных веществ, углеводов, витаминов группы В. Благодаря современным технологиям возделывания, консервирования и хранения продукции баклажаны можно использовать в пищу круглый год.

Баклажан – одна из древнейших ценных и основных культур, выращиваемых в Армении. О древности возделывания культуры баклажана в Армении имеется ряд исторических данных, которые показывают близкое родство местных и интродуцированных из Анатолии сортообразцов. По старым армянским источникам, упоминание о баклажане как о лечебном средстве имеется с древних времен [1, 3].

В Армении издавна культивируются баклажаны местной популяции, которые относятся к сортотипу Ереванский.

Возросшая потребность населения и консервной промышленности в раннем и обильном урожае баклажана выдвинула необходимость обогащения сортимента новыми ценными разнообразными сортами и гибридами, отличающимися по длине вегетационного периода и технологическим качествам.

В процессе создания сортов и гибридов были глубоко и всесторонне изученные местные популяции и исходный материал мирового генофонда баклажанов, основным источником которого является коллекция ВНИИРа им. Н. И. Вавилова.

Изучение коллекции проводили в соответствии с методическими указаниями ВНИИРа в различных экологических зонах Армении. Стандартом служили местные районированные сорта Ереванский 3 и Аванд. Биохимический состав плодов определяли так: сухих веществ – весовым методом, сахара – по Бертрану, витамин С – по Мурри [2].

Вавиловскую коллекцию баклажана использовали для гибридизации, где применялись прямые, обратные и возвратные скрещивания, также используя диаллельный метод, топкроссы и беккроссы для оценки комбинационной способности.

Широкомасштабные селекционные работы по сортоизучению баклажана вавиловской коллекции в Армении начаты с 1972 г. и продолжаются до сих пор. В дальнейшем на основе сортоизучений была развернута целенаправленная синтетическая селекционная работа в различных экологических зонах республики.

Результаты многолетнего изучения вавиловской коллекции баклажанов в различных зонах Армении показали, что верхняя граница «период всходы–техническая спелость» у сортов составила 120–133, а нижняя граница 105–125 дней (табл. 1). Скороспелостью отличались Early Long Purple, Egg Plant, Алмаз, Батайский.

Варьирование показателей по урожайности между изученными образцами составило 31,5–59,0 т/га (верхняя граница) и 21,1–30,6 (нижняя граница). По продуктивности среди изучаемых сортов баклажана выделились Black Beauty, Алмаз, Батайский, Донецкий урожайный (табл. 1).

Варьирование показателей по содержанию в плодах сухих веществ, сахаров и витамина С составило соответственно 8,9–11,8, 3,5–4,0, 5,25–7,00 (верхняя граница) и 7,1–9,8%, 2,2–2,9%, 3,20–3,92% (нижняя граница). По биохимическому составу плодов выделялись Bonica, Early Long Purple, Murena, Black Beauty (см. табл. 1).

Таблица 1. Результаты изучения образцов баклажана Вавиловской коллекции в Армении

Сорта, гибриды	Граница	Всходы-техническая спелость, дни	Средняя урожайность, т/га	Содержание в плодах:		
				сухих веществ, %	сахаров, %	витамина С, мг%
Ереванский 3(st)	1*	132	31,5	10,2	3,9	5,25
	2**	125	21,1	7,1	2,2	3,91
Аванд(st)	1*	130	59,0	11,4	4,0	6,45
	2**	115	22,8	7,5	2,5	3,92
Early Long Purple	1*	120	49,0	10,3	3,9	5,85
	2**	105	23,0	7,1	2,4	3,26
Egg Plant	1*	122	45,1	8,9	3,9	6,00
	2**	108	22,1	7,2	2,5	3,75
Bonica	1*	130	49,0	11,8	3,5	7,00
	2**	122	22,1	9,8	2,9	3,92
Murena	1*	123	51,6	11,4	4,0	7,00
	2**	115	21,7	8,5	2,9	4,25
Black Beauty	1*	130	59,0	10,1	3,9	7,15
	2**	121	28,6	8,0	2,8	4,11
Длинный фиолетовый	1*	132	59,0	9,5	3,8	6,45
	2**	125	21,8	7,3	2,6	3,87
Донецкий урожайный	1*	133	59,5	9,8	3,8	6,45
	2**	121	21,4	7,2	2,3	3,85
Алмаз	1*	119	59,4	9,8	4,0	6,55
	2**	110	30,6	8,5	2,9	3,81

Сорта, гибриды	Граница	Всходы-техническая спелость, дни	Средняя урожайность, т/га	Содержание в плодах:		
				сухих веществ, %	сахаров, %	витамина С, мг%
Батайский	1*	120	59,1	8,9	3,5	5,65
	2**	112	20,0	7,1	2,8	3,20
Кипчакский местный	1*	133	59,0	9,5	3,7	5,25
	2**	125	23,6	7,2	2,2	3,85

1* – верхняя граница;
2** – нижняя граница.

Генофонд вавиловской коллекции широко использован как исходный материал в различных направлениях селекционно-генетических работ [4]. Изучением в разных зонах выявлен потенциал коллекции по комплексу взаимосвязанных признаков. Опыты по изучению взаимодействия «генотип–среда» выявили широкую амплитуду модификационной изменчивости и адаптивную способность каждого генотипа [5].

В селекции баклажана в качестве исходных форм в основном использовались коллекционные образцы Murena, MA-80072 (Нидерланды), Виолетта Лонге, Bonica, Baluroi (Франции), Early Long Purple, Black Beauty, Superhybrid (США), Burple Hybrid (Канада), Кемер (Турция), Otoce, Burple Millionaire (Япония), Long Violetta (Италия), Батайский, Длинный фиолетовый, Универсал 6, Симферопольский 105, Юбилейный (Россия), Донецкий урожайный, Алмаз (Украина), Kuskemitti lila (Венгрия), Кипчакский местный (Туркмения), Гардабонский (Грузия), Egg Plant (Китай) и др.

На основе создания и изучения большого гибридного материала установлены закономерности по наследованию биологических и хозяйственно–ценных признаков в зависимости от происхождения исходных форм и комбинаций скрещивания. Из гибридного фонда баклажана выявлены перспективные комбинации Egg Plant × Early Long Purple, Egg Plant × Виолетте Лонге, Кемер × Ереванский 3, Ереванский 3 × Длинный фиолетовый, (Egg Plant × Early Long Purple) × Алмаз, Алмаз х (Кемер × Ереванский 3), Ереванский 3 × Алмаз, Донецкий урожайный × Ереванский 3, (Egg Plant × Early Long Purple) × Ереванский 3, (Egg Plant × Early Long Purple) × Батайский и др. Среди них раннеспелый Egg Plant × Early Long Purple получил статус сорта и под названием Армянский ранний 39 передан в Госсортоиспытание и внедряется в производство.

В результате обобщения многолетных данных выявлен характер наследования хозяйственно–ценных признаков у гибридов баклажана, и оценка степени доминантности (hp) позволила для практической селекции рекомендовать новые доноры по: продуктивности – Алмаз, Early Long Purple, скороспелости Алмаз, Egg Plant, Батайский, величине и цилиндрический форме плода – Ереванский 3, Длинный фиолетовый, Кипчакский местный, биохимическому составу – Bonica, Early Long Purple, Murena, Black Beauty.

В расщепляющихся гибридных популяциях в результате рекомбинации и трансгрессий получен разнообразный исходный материал, сочетающий раннеспелость с темноокрашиваемостью цилиндрических плодов и раннеспелость с высокой урожайностью.

В результате изучения и скрещивания генофонда баклажанов вавиловской коллекции получены разнообразные гибриды, которые вместе с некоторыми сортами включены в Армянский национальный каталог баклажана. В этом каталоге вавиловская коллекция представлена более чем 30 образцами из 14 стран мира, а ботанический состав включает 3 подвида и 9 сортотипов (табл. 2).

Таблица 2. Ботанический состав коллекции Solanum melongena L. в Армении

Подвид	Сортотипы	Число образцов
occidentale Haz.	*yerevanski* Haz.	2
	falcatum Haz.	4
	europaeum Haz.	7
	bulgaricum Fill.	5
	kashgararicus Fill.	2
orientale Fill.	*pekinense* Fill.	2
	depressum Bailey	2
meridionale Fill.	*americanus* Fill.	5
	Esculentum Bailey	1

Собранная нами коллекция баклажана и результаты селекционных работ в 2000 г. представлены в Ботанический сад университета Ниймегана (Нидерланды) – одно из наиболее известных учреждений, достаточно полно сохраняющих виды растительного мира, а также информацию о пасленовых (*Solanaceae*) овощных культурах. В связи с сообщением о генофонде Научный центр овощебахчевых и технических культур Армении в 2000 г. включен в состав институтов, участвующих в программе EU EGGNET, и во вновь организуемую рабочую группу *Solanaceae* этой программы, а с 2001 г. как держатель ценных коллекций генетических ресурсов участвует в рабочей группе при Европейской кооперативной программе генетических ресурсов сельскохозяйственных культур (ECP/GR). В настоящее время Армянская национальная коллекция баклажана в типе формата MULT- CROP PASSPORT DESCRIPTORS (FAO/IPGRI 2001) включена в Европейский каталог EURISCO и International Eggplant Databases.

Таким образом, в Армении широко изучена вавиловская коллекция баклажана, и имеется исходный материал для различных целей селекции баклажана. С использованием образцов вавиловской коллекции баклажанов в Армении созданы и районированы 3 сорта, и имеется огромный селекционный материал как источник ценных генов для последующей селекции.

Литература

1. *Ананян А. А., Егиазарян А. Г., Григорян А. А.* Овощные консервные культуры Армении. Ереван, 1965.
2. *Петербургский А. В.* Практикум по агрохимии. М., 1954.
3. *Филов А. И.* Перцы и баклажаны. М., 1956.
4. *Sarikyan K. M.* Creation of Genofund for eggplant / *Solanum melongena* / and usage in Armenia. Abstract of Fifth Intern. *Solanaceae* conf. University of Nijmegan. Botanical Garden. The Netherlands, July 24–29, 2000. 95 p.
5. *Sarikyan K. M.* Analysis a genetic recours an brinjal / eggplant / *Solanum melongena* / in Armenia. Abstract of Fifth Intern. *Solanaceae* conf. University of Nijmegan. Botanical Garden. The Netherlands, July 24–29, 2000. 95 p.

ГЕНЕТИЧЕСКИЕ ИСТОЧНИКИ УСТОЙЧИВОСТИ К ГОЛОВНЕВЫМ ГРИБАМ У ОВСА И ЯЧМЕНЯ

С. В. Свиркова
Кемеровский государственный университет, Кемерово, Россия, e-mail: Svirkova@ngs.ru

Резюме

Изучена коллекция ячменя и овса на инфекционном фоне. Выделены генетические источники индивидуального и комплексного иммунитета к головневым болезням. Они являются ценным исходным материалом для селекции головнеустойчивых сортов.

GENETIC SOURCES OF RESISTANCE TO FUNGI ILLNESSES OF GENUS *USTILAGO* (PERS.) RAUSSELAT ANOATS AND BARLEY

S. V. Svirkova
The Kemerovo State University, Kemerovo, Russia, e-mail: Svirkova@ngs.ru

Abstract

The barley and oats collection on an infectious background is studied. genetic sources of individual and complex immunity to fungi illnesses of genus ustilago (pers.) raussel are allocated. they are a valuable initial material for selection of the cultivars steady against the given activator.

На территории Западной Сибири распространение и вредоносность головневых грибов зерновых культур описаны многими авторами [1, 2, 5–7, 13, 14, 16, 18]. Болезни растений служат одним из лимитирующих факторов в получении стабильного урожая. Недобор зерна от данных возбудителей может достигать 14–20%, а в годы эпифитотий – до 50%.

Повышение требований современной селекции к исходному материалу по признаку устойчивости к головневым грибам обусловливает актуальность поиска эффективных источников иммунитета и включения их в программы скрещиваний. Выделение генетических источников резистентности среди разнообразия мировой коллекции ВНИИР им. Н. И. Вавилова, обладающей большим потенциалом для селекции, является одним из резервов решения данной проблемы.

Отечественными и зарубежными учеными исследована обширная коллекция ячменя и овса различного эколого-географического происхождения на искусственном инфекционном фоне заражения. По ячменю мировую известность получили сорта, имеющие гены резистентности [2, 10]: Trebi (Un_1), Missouri (Un_2), Anoidium (Un_7), CI 13664 (Un_8) – США; Jet (Un_3, Un_6) – Эфиопия; Dorsset (Un_4), Keystone (Un_6), OAC-21 (Un_9, Un_{10}), Korol (Un_{14}) – Канада; линия 8728 (Un_{11}), линия 6823 (Un_{12}) – Украина; линия 38-10 (Un_{15}) – Россия.

Заражение сортов с идентифицированными генами устойчивости позволило выделить наиболее эффективные в Кемеровской обл. гены резистентности к *Ustilago nuda* (Jens.) Kell. et Sw. – Un_3, Un_6, Un_8. С использованием некоторых из них в разные годы созданы иммунные сорта: Первенец (Украина), Агул 2 (Красноярский край), Баган (Новосибирская обл.) и перспективные линии: Л.25, Л.50 (Омская обл.) и др. Являясь вторичными источниками иммунитета, они в свою очередь заложили иммунную основу высокопродуктивных перспективных сортов: Лука (Одесский 100 × Линия 25) и Симон (Баган × Виола), выведенных в Кемеровской обл.

В селекции на устойчивость к видам головни овса долгое время использовались сорта: Bond ($Ua_{22,\ 23}$ $Uk_{22,\ 23}$), Markton – 9 ($Uk_{12,\ 13}$), Black Mestag ($Ua_{4,\ 14,\ 25}$), Red Rustproof ($Uk_{1,\ 2,\ 3}$) [9], не утратившие свою эффективность и вошедшие в родословную Benton, Brinhton, Mindo и др. с комплексной устойчивостью к видам головни. Ценные источники иммунитета найдены среди сортов США (Florida 500, Bridger, Orbit, Otter, Pennfeld, Portage), Канады (Russei, Hudson, Oxford), Мексики (Perla, Ato), Англии (Milferd), Болгарии (Sofia) и России (Тарский, Корифей, Чародей, Краснообский) [2, 14, 17].

Однако существующий в настоящее время генофонд устойчивых сортов еще недостаточен для обеспечения селекции ценным исходным материалом. Итоги оценки устойчивости сортов к возбудителям головневых болезней, проводимые во многих НИУ, показывают наибольшую долю восприимчивых форм. Это указывает на приоритетность постоянного поиска новых генетических источников иммунитета.

Экспериментальная работа проводилась в условиях северной лесостепи Кузнецкой котловины. Почва – выщелоченный чернозем, тяжелосуглинистая по гранулометрическому составу, агротехника возделывания – принятая в зоне исследований. Дифференциацию сортов по реакции на восприимчивость к головневым грибам удалось проследить за все годы исследований. А различия погодных условий позволили выявить потенциал продуктивности у сортов ячменя и овса.

Формирование фитопатологического питомника, основные учеты и наблюдения проведены согласно апробированным и общепринятым методикам. Для искусственного заражения растений использован споровый материал популяции головневых грибов, собранный с селекционных и производственных посевов ячменя и овса Кемеровской обл. Сбор и хранение инокулюма головневых грибов для исследований проводили дифференцированно [9, 15].

На начальном этапе по методике ВИР [8] определяли его видовой и расовый состав. Для инокуляции колосьев пыльной головней ячменя (*Ustilago nuda* (Jens.) Kell. et Sw.) применяли шприц-метод [7]. Заражение черной пыльной головней ячменя (*Ustilago nigra* Tapke.) и пыльной головней овса (*Ustilago avenae* (Pers.) Jens.) проводили с использованием аппарата РТ-1 за месяц до посева [8]. В качестве контроля популяции (сортов-индикаторов) служили высоковосприимчивые к пыльной головне сорта ячменя Одесский 100 и овса Ровесник, а также восприимчивый к черной пыльной головне сорт ячменя Андрей. Инокулированные видами головни семена высевали на глубину 5–6 см в оптимальные для культуры сроки. Процент поражения определяли в фазу выколашивания и выметывания подсчетом больных и здоровых растений и стеблей на делянке [3, 8].

Классификацию устойчивости осуществляли по международной шкале:

– устойчивость, R (поражение до 10%),

– восприимчивость, S (поражение более 10%).

Для унификации данных по устойчивости сортов к пыльной и черной пыльной головне изученные образцы условно размещали в следующие классы:

О – высокая устойчивость, поражение отсутствует;

I – практическая устойчивость, поражение не превышает 5%;

II – слабая восприимчивость, поражение не превышает 25%;

III – средняя восприимчивость, поражение не превышает 50%;

IV – сильная восприимчивость, поражение более 50%.

Учеты и наблюдения в коллекционном питомнике проводили в естественных условиях согласно «Методическим указаниям по изучению коллекции ячменя и овса» [12] и «Методике Государственного испытания сельскохозяйственных культур» [11].

Для обработки экспериментальных данных использовали дисперсионный анализ [4].

С 1988 г. на искусственном инфекционном фоне изучено около 500 сортов овса и около 2 тыс. сортов ячменя из мировой коллекции ВНИИР им. Н. И. Вавилова. Однако резистентность к возбудителю болезни отмечена у немногих сортов. Высокий иммунитет к *U. avenae* выявлен у сортов ОТ-207 (Канада), Big Mac (США), Anvil (Новая Зеландия), Shiro Kataho 39 (Япония). Источники головнеустойчивости овса обнаружены в группе сортов отечественного происхождения: Скакун (Московская обл.), Фобос (Кемеровская, Омская, Московская области), Омский кормовой 1, Иртыш 13, Тарский 2, Орион (Омская обл.), Чародей (Алтайский край).

Ассортимент коллекции овса 2008 г. изучения включал образцы из США (17 сортов), Австралии (6) и России (5). Немного сортообразцов представлено из Финляндии, Франции, Японии, а также Канады, Греции, Чехии, Германии, Швеции и Новой Зеландии. В качестве

Агробиологическая характеристика источников комплексного иммунитета к головневым грибам

№ по каталогу ВИР	Сорт, линия	Происхождение	Продолжительность вегетационного периода, сут	Поражение головней, искусственный фон, %		Количество продуктивных стеблей, шт./м^2	Количество зерен в колосе, шт.	Масса 1000 зерен, г	Урожайность, г/м^2		
				U. nuda	*U. nigra*				1998	1999	Среднее
–	Андрей	Кировская обл.	72	61,7	41,1	413	18	45,6	370,0	363,0	366,5
–	Одесский 100	Украина	75	73,2	9,4	394	20	47,8	387,8	383,0	385,0
–	Эльф	Московская обл.	80	4,2	1,5	365	21	47,3	331,4	345,0	338,0
–	Баган	Новосибирская обл.	69	0,0	365	21	48,4	350,0	350,0	350,0	350,0
–	Линия 1899	Кемеровская обл.	75	0,0	0,0	370	22	46,5	275,0	400,0	337,5
29977	Московский 3/125	Московская обл.	79	0,0	0,0	390	24	50,1	502,0	350,0	426,0
30314	Суздалец	"	82	0,0	0,0	542	23	50,5	425,0	500,0	462,5
30315	Рамос	"	81	0,0	1,8	440	23	50,1	420	450	435
29346	Казер	Ростовская обл.	76	0,0	5,2	288	18	50,6	300,0	300,0	300,0
30266	Линия 53 HVS 91/76	Беларусь	80	0,0	0,0	241	24	41,1	312,0	350,0	331,0
30438	Линия 3 КМ 1192	"	73	0,0	0,0	403	24	42,4	262,0	550,0	406,0
30316	Кумир Одесский	Украина	83	0,0	0,0	327	27	52,2	200,0	450,0	325,0
30160	Guardian	Канада	84	4,9	0,0	347	27	49,0	320,0	350,0	335,0

стандартных сортов использованы Мегион, Фобос, Ровесник. Резистентность к головневым грибам отмечена у 70% сортообразцов. Около 11% образцов отнесено в группу слабовосприимчивых, с уровнем поражения 5–25%. Средней и высокой восприимчивостью к патогену (25–59%) обладало 18% образцов. Среди стандартных сортов иммунным был только Фобос. Сорта Мегион и Ровесник поражались на 15,8 и 65,6% соответственно. Предварительно выделены генетические источники иммунитета к головневым грибам у сортов с высокой продуктивностью: Azur (Чехия); Victoria Oats, Early Gothland, Vista, Navarro (США). Обладая высокой устойчивостью к головневым грибам, они формировали на 1 м^2 до 400 продуктивных стеблей, крупное зерно (масса 100 зерен – 39–41 г), озерненную метелку (40–105 зерен) и урожайность – 800–1000 г/м^2. Это превысило стандартные сорта Фобос, Мегион и Ровесник на 200–400, 200–400, 300–500 г/м^2 соответственно.

Испытание (1997–2000 гг.) на провокационном фоне генофонда ячменя показало широкое разнообразие по восприимчивости к патогенам. Реакция образцов на заражение пыльной головней была следующей: иммунные – около 40%, практически устойчивые – 13%, слабовосприимчивые – 27%, средне- и сильновосприимчивые – 9–11%. Резистентность к черной пыльной головне отмечена у 81% сортообразцов, из них практически устойчивых было 10%. Остальные образцы отнесены в группу слабовосприимчивых, с уровнем поражения 5,0–25,0%. Средней восприимчивостью к патогену (25,1–50,0%) обладал один образец.

Методом эмбриональной оценки устойчивости к пыльной головне ячменя выявлено распространение патогенного мицелия во всех частях зародыша. Причем щитковая инфекция была заметно выше (2,4–50,0%) и определена у 91% обследованных образцов. При сравнении поражения частей зародыша оказалось, что степень (0,0–11,1%) и частота (31% образцов) распространения мицелия в зародышевой почке меньше, чем в корешках, колеоптиле и эпибласте. По результатам оценок этим методом подтвердили свою устойчивость к пыльной головне сорта Баган (Новосибирская обл.), Симон, Лука (Кемеровская обл.) и перспективные линии л. 1899 (Кемеровская обл.), л. 53 HVS $^{91}/_{76}$ (Беларусь), у которых не обнаружено поражения или поражение щитка и других частей зародыша низкое.

В результате многолетних исследований из мирового генофонда ячменя нами выявлено 10 сортообразцов (табл.), сочетающих комплексный иммунитет к головневым грибам с другими хозяйственно ценными признаками: Баган (Новосибирская обл.), линия 1899 (Кемеровская обл.), Московский 3/125, Суздалец, Рамос (Московская обл.), Казер (Ростовская обл.), линия 3 КМ 1192, линия 53 HVS $^{91}/_{76}$ (Беларусь), Кумир Одесский (Украина), Qardian (Канада). Они формировали 365–542 продуктивных стебля на 1 м^2, 18–27 зерен в колосе, массу 1000 зерен 42,4–52,2 г, 300–462 г зерна с 1 м^2.

Выделенные генетические источники ярового ячменя и овса представляют значительную ценность для создания новых иммунных к головневым грибам и продуктивных сортов и могут найти широкое использование в селекции.

Литература

1. *Бахарева Ж. А.* Устойчивость зерновых культур к головневым болезням в Западной Сибири: Автореф. дис. … канд. с.-х. наук. Л., 1982. 22 с.
2. *Бахарева Ж. А., Христов Ю. А.* Создание сортов зерновых культур, устойчивых к головневым заболеваниям в Западной Сибири: Метод. рек. Новосибирск, 2003. 49 с.
3. *Гаркавый П. Ф., Кирдогло Е. К.* Методические указания по изучению иммунитета ячменя к пыльной головне и селекции устойчивых сортов. Одесса, 1980. 28 с.
4. *Доспехов Б. А.* Методика полевого опыта. М., 1985. 416 с.
5. *Заушинцена А. В.* Селекция ячменя на устойчивость к пыльной головне // Соврем. методы организации с.-х. производства в зоне рискованного земледелия. Новокузнецк, 1993. С. 11–12.
6. *Заушинцена А. В., Сартакова С. В., Чуманова Н. Н.* Расовая дифференциация видов головни овса в Западной Сибири // Актуальные задачи селекции и семеноводства с.-х. раст. на современном этапе: Докл. и сообщ. на 9-й ген.-сел. школе-семинаре (пос. Краснообск, 5–8 апреля 2004 г.). Новосибирск, 2005. С. 330–334.

7. *Кирай З., Клемент З., Шоймоши Ф., Вереш И.* Методы фитопатологии / Пер. с англ. С. В. Васильевой, Ю. Г. Дьякова, С. Н. Лекомцевой. М., 1974. 343 с.
8. *Кривченко В. И.* Устойчивость зерновых колосовых культур к возбудителям головневых болезней. М., 1984. С. 54–89.
9. *Кривченко В. И., Мягкова Д. В., Жукова А. Э., Хохлова А. П.* Изучение головнеустойчивости зерновых колосовых культур (методические указания). Л., 1987. 110 с.
10. *Кривченко В. И., Хохлова А. П.* Селекционная ценность генов устойчивости ячменя к пыльной головне // Бюл. ВИР. Л., 1980. Вып. 104. С. 72–75.
11. *Метод.* указ. по изучению коллекции ячменя и овса. Л., 1981. 31 с.
12. *Методика* Гос. испытания с.-х. культ. М., 1985.
13. *Падерина Е. В.* Иммунологическое изучение и селекция ячменя на устойчивость к головневым заболеваниям в южной лесостепи Западной Сибири: Автореф.дис. … канд. с.-х. наук. Омск, 1982. 19 с.
14. *Пестова Л. В.* Изучение исходного материала овса на устойчивость к пыльной головне с целью использования в селекции в условиях Западной Сибири: Автореф. … канд. дис. Новосибирск, 1996. 16 с.
15. *Родина Н. А., Ефремова З. Г.* Методические рекомендации по селекции ячменя на устойчивость к болезням и их применение в НИИСХ Северо-Востока. М., 1986. 79 с.
16. *Сартакова С. В.* Селекция ячменя на устойчивость к головневым грибам в условиях Кемеровской области: Дис. … канд. с.-х. наук. Новосибирск, 2000. 164 с.
17. *Сартакова С. В.* Стратегия селекции овса на устойчивость к головневым грибам // Повышение эффективности сел. и семеноводства с.-х. раст.: Докл. и сообщ. 8-й ген.-сел. школы (пос. Краснообск, 11–16 ноября 2001 г.). Новосибирск, 2002. С. 374–377.
18. *Широков А. И., Падерина Е. В.* Распространение и расовый состав возбудителей головневых заболеваний ячменя в Омской обл. // Микол. и фитопатол. Омск, 1981. Т.15, № 3. С. 250–252.

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ДИКИХ РОДИЧЕЙ ДЛЯ РАЗРАБОТКИ НЕТРАДИЦИОННЫХ МЕТОДОВ СЕЛЕКЦИИ ПШЕНИЦЫ

А. И. Седловский, Л. Н. Тюпина, Н. А. Хайленко
Институт биологии и биотехнологии растений МОН РК, Алматы, Казахстан, e-mail: gen_sai@mail.ru

Резюме

Исследована возможность передачи апомиктического способа репродукции от диких родичей культурным сортам пшеницы для закрепления гетерозиса.

THE USE OF WILD RELATIVES FOR DEVELOPING UNTRADITIONAL METHODS OF WHEAT BREEDING

A. I. Sedlovsky, L. N. Typina, N. A. Khailenko
Institute of Plant Biology and Biotechnology, Ministry of Science of the Republic of Kazakhstan, Almaty, Kazakhstan, e-mail: gen_sai@mail.ru

Abstract

A possibility of transferring apomixis from wild relatives to wheat cultivars for stabilizing heterosis has been investigated.

Пшеница является основной зерновой культурой Казахстана, поэтому генетическое улучшение возделываемых в Республике сортов является актуальной фундаментальной и прикладной задачей. При создании сортов пшеницы, помимо традиционных методов селекции, существенную роль может сыграть метод, основанный на использовании апомиксиса, который имеет ряд преимуществ по сравнению с половым воспроизводством. Апомиксис позволяет закреплять полезные гетерозиготные комбинации и сохранять гетерозисные линии с ценными признаками [5–9].

В работах С. С. Хохлова [2, 3] установлено, что апомиксис с большей частотой встречается в филогенетически молодых и прогрессивных систематических группах. Эта закономерность была подробно проанализирована на примере семейства злаков [1, 8].

Следует отметить, что в соответствии с опубликованными в научной литературе результатами исследований и с законом гомологических рядов в наследственной изменчивости Н. И. Вавилова, апомиксис должен быть характерен и для культурных злаков, в том числе для пшеницы, что позволяет целенаправленно вести поиск таких форм и разрабатывать методы передачи апомиксиса от диких родичей культурным образцам пшеницы.

Дальнейшее развитие теории селекции диктует необходимость познания закономерностей проявления апомиксиса в семействе злаковых растений, что окажется полезным для поисков путей и способов использования различных форм апомиксиса в селекции и семеноводстве [4]. Апомиктический способ репродукции можно успешно использовать для закрепления гетерозиса, ускорения процесса создания новых гибридных сортов, удешевления производства гибридных семян, тиражирования гибридных семян, повышения устойчивости к патогенам, повышения урожайности, преодоления барьеров половой несовместимости и нескрещиваемости. Возможность управления апомиксисом, в значительной мере зависит от степени теоретических знаний о механизмах данного явления, включая молекулярные.

К сожалению, у пшеницы способность к апомиктическому способу воспроизведения в естественных условиях не проявляется. Однако некоторые формы апомиксиса встречаются у близких диких родичей пшеницы, при гибридизации с которыми формируется жизнеспособное потомство.

Интродукция апомиксиса в зерновые культуры, в частности пшеницу, которая в силу своих биологических особенностей не подходит для вегетативной репродукции, представляет одну из сложных проблем.

Выявление возможностей индукции и передачи апомиксиса от диких родичей культурным сортам пшеницы позволит углубить фундаментальные знания о частной эмбриологии, генетике и физиологии данного явления, что даст возможность манипулировать им в целях использования в практической селекции.

В качестве объектов исследований использовали коллекцию диких злаков и перспективные образцы яровой мягкой пшеницы.

Для обнаружения склонности растений к апомиксису использовали кастрацию цветков без последующего опыления, но с обязательной изоляцией соцветий пергаментными изоляторами.

Кроме того, использовали метод ОСП, позволяющий охватить все генотипы в изучаемой гибридной популяции.

Завязываемость апомиктических семян подсчитывали по соотношению кастрированных цветков и сформированных при отсутствии пыльцы зерен. Одним из основных критериев выявления особей с агамоспермным типом размножения было качество пыльцы. Фиксацию материала для эмбриологических исследований проводили в ацетоалкоголе (3 : 1). В качестве красителя применяли ацетокармин.

Для цитоэмбриологических исследований материал фиксировали в фиксаторе Карнуа в спиртхлороформенной смеси в соотношении 2 : 1. Окраску проводили по прописи Треванна и Шарокко пиранином с добавлением метилового зеленого.

Материал, полученный после посадки неоплодотворенных завязей на питательную среду, фиксировали от 1 до 7 сут в смеси ФАА: этиловый спирт (70%) – 100 мл, ледяная уксусная кислота – 7 мл, формалин (40%) – 7 мл. Окраску препаратов проводили реактивом Шифа по Фельгену с подкраской гематоксилином по Эрлиху.

Из изученных диких злаков апомиксис выявлен у *Triticum dicoccum*, *T. turgidum*, *T. macha, T. kiharae*, *Agropyron glaucum* L., *Aegilops ovata* и *Aegilops squarrossa*, у которых без опыления формируется от 0,4 до 5,2% зерен. У гибридов с перспективными образцами яровой мягкой

пшеницы апомиксис проявляется, но процент апомиктических зерен снижается. Так, у *T. kiharae* завязываемость зерен без опыления составляла 5,2%, а у гибридов с участием этого дикого вида завязываемость семян составляла 2,6 – 3,1%.

Установлено, что фертильность и стерильность пыльцевых зерен находятся в тесной корреляции с предрасположенностью растений к апомиктическому способу воспроизводства. Кроме того, косвенным показателем возможности отбора в гибридных популяциях генотипов с апомиктическим способом размножения может быть степень дефективности пыльцевых зерен (рис. 1).

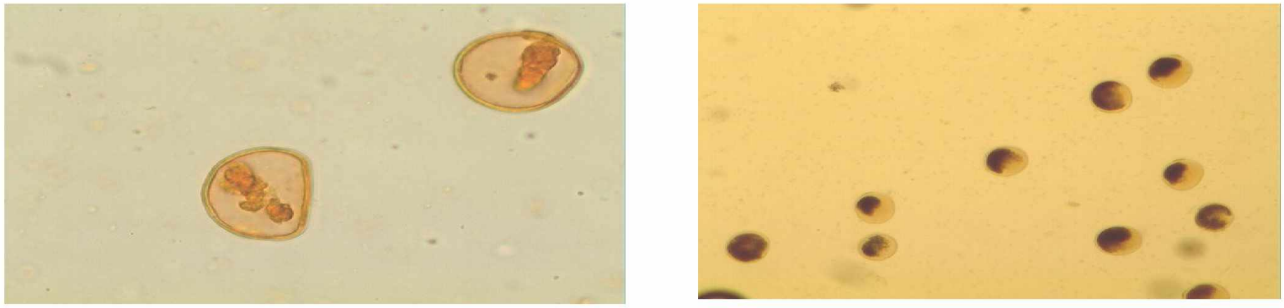


Рис. 1. Плазмолизированная пыльца гибридной комбинациа Женис × ППГ

Пыльца всех исследованных видов диких злаков однородна по размеру и окраске. Однако у диких злаков, завязывающих зерно при беспыльцевом режиме, наряду с нормальными пыльцевыми имеются дефективные пыльцевые зерна. У *Triticum macha* пыльца крупная, ровная, но частично прорастает в пыльниках – стерильность 2,9%.

У пшенично-пырейного гибрида (ППГ) пыльца ровная по окраске, но разная по размеру – стерильность составляет 2,5%. У *Triticum kiharae* пыльца плохо прокрашивается – стерильность 2%. У образцов яровой мягкой пшеницы, привлеченной в скрещивания, пыльца крупная, ровноокрашенная – стерильность 0,2% .

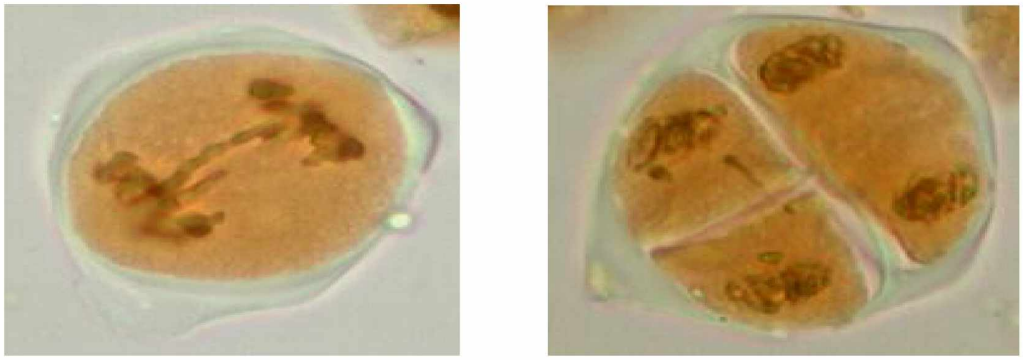
В гибридных популяциях с *Triticum macha* стерильность составила 2%, кроме того наблюдалось прорастание пыльцевых зерен в пыльниках.

В гибридных популяциях с ППГ стерильность пыльцы достигает 20–25%. Пыльцевые зерна разные по размеру и степени плазмолиза.

Для гибридных популяций с *Triticum kiharae* характерен наибольший процент стерильности (90 – 95%). Пыльцевые зерна плохо прокрашиваются, в пыльниках часто наблюдается слипшаяся масса пыльцевых зерен.

Правильное течение микроспорогенеза – основа высокого качества пыльцы половых видов. Стерильность пыльцы апомиктов в значительной степени объясняется нарушениями мейоза.

Наряду с правильным течением мейоза у диких злаков и их гибридов с пшеницей склонных к апомиксису, для отдельных особей характерны различные нарушения в мейозе (рис. 2).



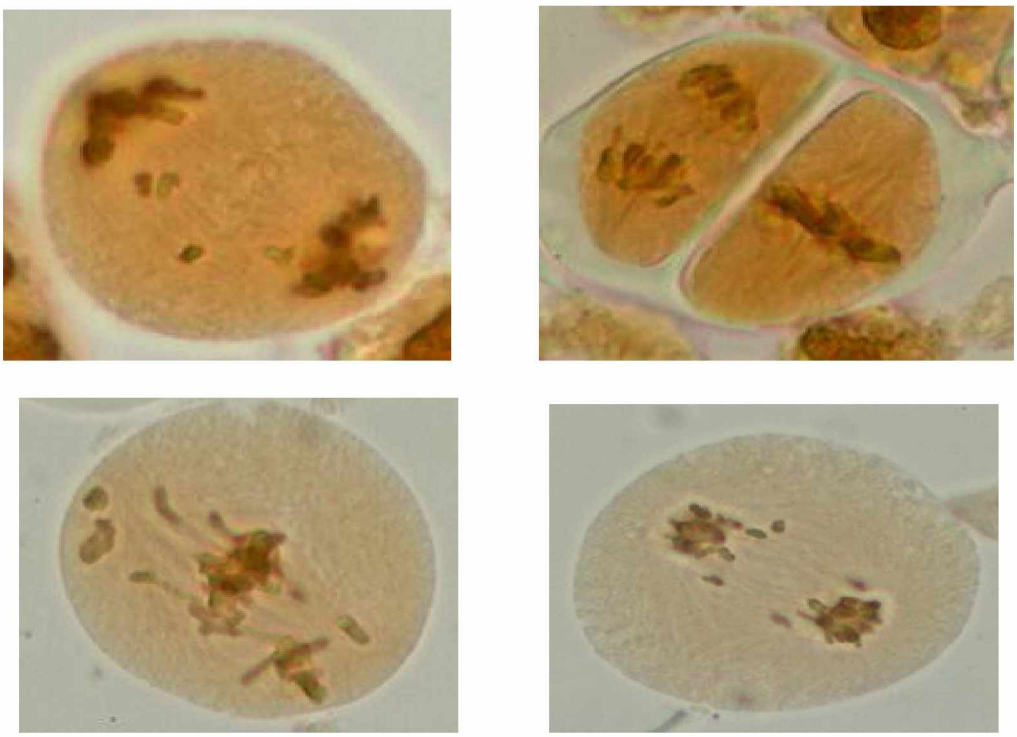


Рис. 2. Нарушения в мейозе у гибрида яровой пшеницы с дикими родичами

Наиболее сильные нарушения в мейозе наблюдаются у диких злаков *T. kiharae*, *T. macha*, ППГ. У отдельных особей *T. macha* деление в материнских клетках пыльцы проходит при отсутствии ядерного материала (рис. 3).

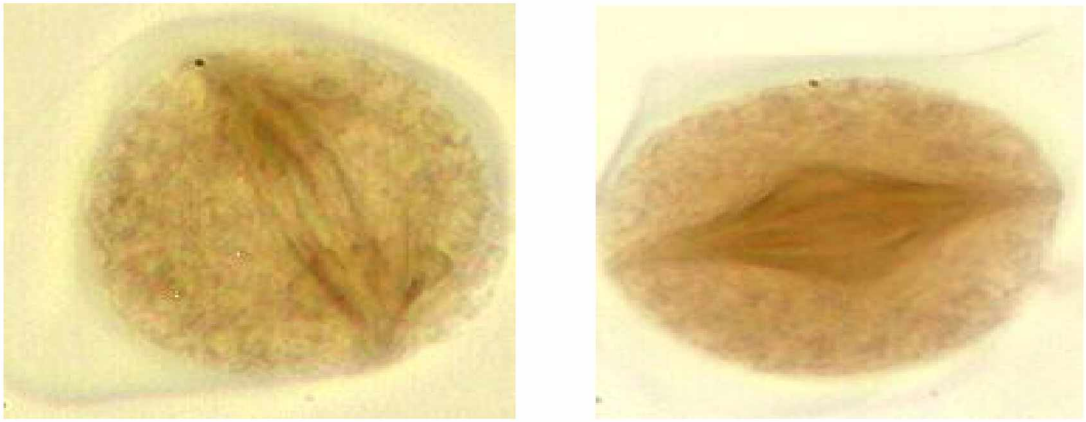


Рис. 3. Нетипичный ход мейоза у *T. macha*

Аналогичные нарушения отмечены в гибридных популяциях с пшенично-пырейным гибридом: отстающие хромосомы, открытые униваленты, хромосомные мосты, асинхронное деление. В гибридных популяциях с *T. macha* обнаружено отставание бивалентов, выявлен нетипичный мейоз. Нарушения отмечены и в гибридных популяциях с *T. kiharae*.

Таким образом, можно заключить, что признак фертильности и стерильности пыльцевых зерен находится в тесной корреляции с предрасположенностью растений к агамоспермному способу воспроизводства.

С использованием цитоэмбриологических методов выявлено, что характерной особенностью апоспорических зародышевых мешков является присутствие в них элементов яйцевого аппарата и центральной клетки, а также отсутствие антипод.

При отсутствии опыления, на 6-е сут после кастрации, у большинства исследованных завязей наблюдается зарастание полости зародышевого мешка паренхимными клетками и разрушение всех структур женского гаметофита. Однако у некоторых завязей выявлено развитие элементов зародышевого мешка. Установлено, что начало новообразованиям могут давать клетки яйцевого аппарата. В частности, зародыши формировались в микропилярной части зародышевого мешка, т. е. имел место гиногенез. Нами выявлено два типа гиногенетических зародышей. Первый тип характеризовался плотной компактной структурой и был схож с нормальным зародышем (рис. 4).

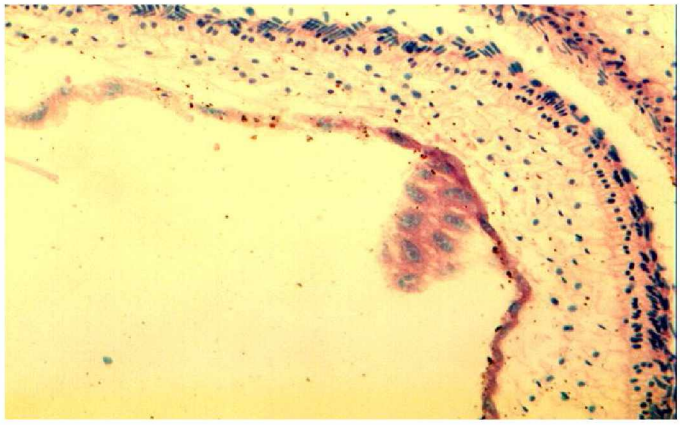


Рис. 4. Зародышевый мешок пшенично-пырейного гибрида без опыления (15 сут после кастрации)

Второй тип характеризовался значительной вакуолизацией и растяжением клеток, что нехарактерно для нормального развития зародыша (рис. 5).

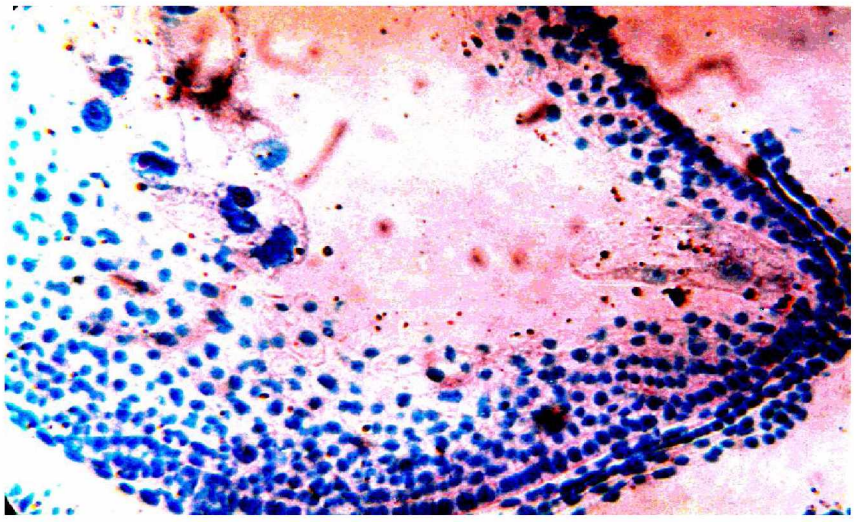


Рис. 5. Гиногенетический зародыш пшенично-пырейного гибрида аномального типа

В результате цитоэмбриологического исследования потенциально апомиктических особей при беспыльцевом режиме на 6-е сут после кастрации наблюдается разрушение яйцеклетки, синергид, клеток-антипод и происходит зарастание зародышевого мешка. Однако некоторые зародышевые мешки становятся крупными, в них формируется яйцеклетка с ядром, происходит деление клеток-антипод. В отдельных зародышевых мешках наблюдается формирование ядерного и клеточного эндосперма.

На 15-е сут при беспыльцевом режиме все структуры практически разрушаются и наблюдается зарастание зародышевого мешка. Вместе с тем в некоторых зародышевых мешках формируется зародыш, а также ядерный и клеточный эндосперм.

Цитоэмбриологический анализ показал, что при фиксации через 6 сут у пшенично-пырейного гибрида формировалось 9% зародышей, а через 15 сут – только 7%. Эти результаты свидетельствуют о гибели части зародышей в процессе развития. Сохранить эти развивающиеся зародыши на ранних этапах можно только с использованием биотехнологических методов.

В результате проведенных исследований установлено, что морфогенетические процессы в культуре неоплодотворенных завязей находятся в прямой зависимости от генотипа донорных растений. Из 13 отдаленных гибридов мягкой пшеницы наиболее высокой частотой морфогенеза в культуре женского гаметофита и каллусогенеза характеризовались гибриды Лютесценс719/99 × *T. turgidum*.

Неоплодотворенные завязи культивировали на среде MS_1. Образование каллусов наблюдали у *T. macha* × Лютесценс-719/99 – 60%, Лютесценс-719/99 × ППГ – 31%, Лютесценс-719/99 × *T. macha* – 23%, *T. Kiharae* × Лютесценс-782/153 – 100%.

В результате двойного скрининга по признакам фертильность–стерильность, а также способности завязывать семена в беспыльцевом варианте, были выделены популяции Т. *kiharae* × Женис, Женис × *T. kiharae*, Женис × ППГ, ППГ × Женис, Женис × *T. macha*, *T. macha* × Женис, для которых характерна предрасположенность к апомиктическому способу воспроизводства.

Отобранные с использованием цитоэмбриологических методов популяции с потенциально апомиктическим типом размножения изучены в полевых условиях методом ОСП, позволяющим охватить все генотипы в изучаемой популяции.

Каждое растение в популяции изучено с использованием цитологических, эмбриологических методов, что позволило выделить растения, потенциально склонные к апомиктическому типу размножения.

Таким образом, в результате проведенных исследований установлено, что способностью завязывать семена без опыления и оплодотворения обладают *T. timopheevii* Zhuk., *T. turgidum* L., *T. kiharae*, *Ae. cylindrica*, *Ae. ovata* и пшенично-пырейные гибриды. Такая способность может служить основным критерием выявления апомиксиса. Из всех изученных диких злаков апомиксис выявлен у *T. dicoccum*, *T. turgidum*, *T. macha*, *T. kiharae*, *Agropyron glaucum* L., *Aegilops ovata* и *Ae. squarrosa*, у которых без опыления формируется от 0,4 до 5,2% зерен. У гибридов апомиксис проявляется только в комбинациях с участием одного из вышеуказанных видов. Причем процент апомиктических зерен у гибридов снижается. Изучение характера завязывания апомиктических зародышей у потенциальных апомиктов в зависимости от числа дней после кастрации показало, что процент апомиктических завязей с увеличением числа дней после кастрации снижается, т. е. некоторые завязи гибнут. В связи с этим пересадку апомиктических завязей на питательную среду следует проводить на самых ранних этапах их развития.

Установлено, что морфогенетические процессы в культуре неоплодотворенных завязей находятся в прямой зависимости от генотипа донорных растений.

В результате проведенных исследований показано, что критерием для выявления апомиксиса может быть способность завязывания семян без опыления и оплодотворения. Экспериментально подтверждено, что для *T. kiharae*, *Ae. squarrosa*, *A. glaucum* L., *T. macha* характерен факультативный тип апомиксиса.

Установлено, что признак фертильности и стерильности пыльцевых зерен находится в тесной корреляции с предрасположенностью растений к апомиктическому способу воспроизводства. Этот признак может быть использован в качестве экспресс-метода обнаружения апомиксиса по стерильности и морфологии пыльцы.

На основе изучения завязываемости семян у диких злаков и их гибридов с пшеницей в беспыльцевом режиме выявлено, что в гибридных популяциях наблюдается завязывание

апомиктических зерен, однако имеет место снижение процента завязывания у гибридов по сравнению с родительскими дикими злаками.

Отобранные с использованием цитоэмбриологических методов популяции с потенциально апомиктическим типом размножения изучены в полевых условиях методом ОСП, позволяющим охватить все генотипы в изучаемой популяции.

Литература

1. *Петров Д. Ф.* Апомиксис в природе и в опыте. Новосибирск: Наука Сиб. отд-ние, 1988. 213 с.
2. *Хохлов С. С.* Апомиксис. Классификация и распространение у покрытосеменных // Успехи современной генетики. М.: Наука, 1967.
3. *Хохлов С. С., Малышева Н. А.* Распространение и формы апомиксиса в семействе злаков // Апомиксис и селекция. М.: Наука, 1970. 330 с.
4. *Шишкинская Н. А., Юдакова О. И., Тырнов В. С.* Популяционная эмбриология и апомиксис у злаков. Саратов: Изд-во Сарат. ун-та, 2004. 148 с.
5. *Carman J. G.* Asynchronous expression of duplicate genes in Angiosperms may cause apomixis, bispory, tetraspory and polyembryony // Biol. J. Linn. Soc. 1997. V. 61. P. 51–94.
6. *Hanna W. W.* Use of apomixis in cultivar development // Adv. Agron. 1995. V. 54. P. 333–350.
7. *Noyers R. D., Rieseberg L. H.* Two independent loci control of agamospermy (apomixis) in the triploid flowering plant *Erigeron annuus* // Genetics. 2000. V. 155. P. 379–390.
8. *Savidan Y., Carman J. G., Dresselhaus T.* The Flowering of Apomixis: From Mechanisms to Genetic Engeneering. CYMMIT. 2001. 243 p.
9. *Vielle J. P., Crane C. F., Stelly D. D.* Apomixis: the asexual revolution // Science. 1996. V. 274. P.1322–1324.

ГЕНОФОНД И ПРИОРИТЕТНЫЕ НАПРАВЛЕНИЯ В СЕЛЕКЦИИ ЯБЛОНИ

Е. Н. Седов, Г. А. Седышева, М. А. Макаркина, З. М. Серова

Всероссийский научно-исследовательский институт селекции плодовых культур (ВНИИСПК),

Орел, Россия, e-mail: info@vniispk.ru

Резюме

Многолетняя оценка крупного сортового фонда яблони позволила целенаправленно подбирать родительские формы по наиболее актуальным направлениям селекции. Рассмотрены особенности селекции яблони по таким направлениям как селекция на устойчивость к парше, создание триплоидных сортов, селекция на улучшение биохимического состава плодов. Приводятся основные итоги селекции.

GERMPLASM COLLECTION AND PRIORITY TRENDS IN APPLE BREEDING

E. N. Sedov, G. A. Sedysheva, M. A. Makarkina, Z. M. Serova

All-Russian Research Institute of Horticultural Breeding (VNIISPK), Orel, Russia, e-mail: info@vniispk.ru

Abstract

The long-term assessment of a wide range of apple cultivars made it possible to purposefully select the parental forms to meet the most topical demands of breeding. Peculiarities of apple breeding are considered in relation to such trends as breeding for scab resistance, improved fruit biochemical composition, and tripioid varieties creation. The main results of breeding are offered.

Создание сортов с генетической устойчивостью к парше представляет большой интерес. Парша (*Venturia inaequalis* (Cke.)Went) – одно из самых вредоносных заболеваний

яблони. Снижение урожая яблок в средней полосе России от поражения паршой составляет не менее 40%, а в отдельные годы достигает 70 – 80%.

Целенаправленная крупномасштабная селекционная программа по выведению иммунных к парше сортов яблони проводится в институте с 1976 г. [1], здесь были созданы первые отечественные иммунные к парше сорта яблони в России. Донорами при селекции иммунных к парше сортов на первом этапе служили зарубежные сорта и гибридные формы с главным геном – V_f. В настоящее время совместно с СКЗНИИСиВ (который подключился к этой работе с 1986 г.) создано более 20 иммунных к парше (с геном V_f) сортов яблони, 17 из которых уже включено в Государственный реестр селекционных достижений, допущенных к использованию. Лучшие из них: Яблочный Спас, Солнышко, Болотовское, Имрус, Свежесть, Рождественское, Кандиль орловский, Веньяминовское, уже широко внедряются в промышленные и приусадебные сады, а сорт Имрус включен в Госреестр Республики Беларусь.

Наряду с практической работой разрабатывались и усовершенствовались генетико-иммунологические основы селекции устойчивых сортов. С этой целью были решены следующие задачи.

1. Усовершенствованы методы искусственного заражения паршой.
2. Подобраны наиболее вирулентные и агрессивные биотипы для искусственных инфекционных фонов.
3. Изучены зарубежные доноры иммунитета по их устойчивости к биотическим патогенам России.
4. Разработаны программы скрещиваний.
5. Уточнена генотипическая структура использования доноров по признаку иммунности.
6. Разработаны научные рекомендации по интенсификации и ускорению селекции иммунных к парше сортов яблони на новой генетической основе.
7. Использование программно-целевого метода при создании междисциплинарных коллективов позволяет в значительной степени интенсифицировать селекционный процесс за счет жесткой браковки сеянцев в раннем возрасте. Важную роль в интенсификации и ускорении селекции иммунных сортов яблони играет использование искусственных инфекционных фонов. Благодаря набору доноров на новой генетической основе, использованию искусственных инфекционных фонов, совмещению во времени селекционного процесса и первичного сортоизучения, применению вставок карликовых подвоев иммунный, высокоурожайный сорт Имрус был создан и передан на Государственное испытание за 12 лет вместо обычных 30 [1].

Инициатива создания генетически устойчивых к парше сортов яблони поддержана в ряде других селекционных учреждений России (ВНИИГиСПР, Свердловская опытная селекционная станция, ВНИИЦиСК и др.) [2].

Селекция яблони на полиплоидном уровне представляет несомненный интерес при создании адаптивных, регулярно плодоносящих сортов с плодами высоких товарных и потребительских качеств.

В генетической коллекции ВНИИСПК собраны или созданы в процессе гибридизации доноры диплоидных гамет, в том числе тетраплоидные сорта: Антоновка плоская, Папировка тетраплоидная, Джаент Спай, Уэлси тетраплоидный, Мелба тетраплоидная и др. С участием Папировки тетраплоидной *(2-4-4-4x)* создано 5 триплоидных сортов: Августа (Орлик × Папировка тетраплоидная), Яблочный Спас, Масловское и Спасское (Редфри × Папировка тетраплоидная). Первые два сорта уже включены в Госреестр селекционных достижений, допущенных к использованию, остальные проходят государственное испытание.

С участием Уэлси тетраплоидного *(2-4-4-4x)* получен триплоидный сорт Бежин луг (Северный синап × Уэлси тетраплоидный). С участием донора диплоидных гамет Джаент Спай *(2-4-4-4x)* получен триплоидный сорт Благодать (23-20-74 (V_f) × Джаент Спай).

В результате скрещиваний получен ряд сеянцев-доноров диплоидных гамет, используемых в селекции. Так, с участием тетраплоидного сеянца 13-6-106 (сеянец Суворовца) получен триплоидный сорт Орловский партизан, проходящий Государственное испытание.

Особый интерес представляет тетраплоидный, иммунный к парше сеянец 30-47-88 [Либерти × 13-6-106 (Сеянец Суворовца) (4х)]. Этот крупноплодный сеянец позволит создавать иммунные к парше триплоидные сорта с высоким качеством плодов.

Использование полиплоидии в селекции яблони наряду с другими классическими приемами увеличивает вероятность получения перспективных адаптивных сортов, пригодных для возделывания в садах интенсивного типа.

Многолетний селекционный опыт показал, что для создания одного сорта яблони, полученного на диплоидном уровне (2х × 2х) опылялось в среднем 86,6 тыс. цветков и выращивалось 16,7 тыс. однолетних сеянцев, а на полиплоидном уровне (2х × 4х и 4х × 2х) – только 46,2 тыс. цветков и 2,9 тыс. однолетних сеянцев. В отдельных комбинациях скрещиваний на полиплоидном уровне для создания одного сорта потребовался еще меньший объем гибридизации и выращивания гибридных сеянцев.

К настоящему времени от скрещивания по схемам 2х × 4х и 4х × 2х создано 13 сортов, из которых Августа, Бежин луг, Дарёна, Масловское, Орловский партизан, Родничок и Яблочный Спас триплоиды, а Амулет, Василиса, Кармен, Красный янтарь, Палитра, Талисман – диплоиды. Сорта Августа и Яблочный Спас уже включены в Госреестр селекционных достижений, допущенных к использованию, а другие проходят Государственное испытание. Перечисленные сорта отличаются регулярным плодоношением, урожайностью и высокой товарностью плодов.

Для интенсификации селекции яблони на полиплоидном уровне продолжают оставаться актуальными вопросы изучения эмбриональных структур генеративной сферы полиплоидных форм и разработки экспресс-методов для идентификации полиплоидов как в саду, так и в селекционной школке.

Полученные данные убедительно свидетельствуют о высокой эффективности селекции яблони на полиплоидном уровне. Совершенно очевидно, что селекция яблони в этом направлении имеет большие перспективы [4].

Существенным сдерживающим фактором является ограниченный набор полиплоидных исходных форм – доноров диплоидных гамет. Результативность же работ по созданию новых ценных сортов яблони на основе использования метода полиплоидии во многом зависит от их разнообразия. В связи с этим создание коллекции тетраплоидов яблони, пригодных в качестве исходных форм – доноров диплоидных гамет с комплексом полезных свойств, остается первостепенной задачей для обеспечения эффективности этого направления в селекции яблони.

Использование полиплоидных форм в селекции предусматривает постоянный цитоэмбриологический контроль. С одной стороны, это изучение состояния генеративной сферы у полиплоидных исходных форм и, в итоге, получение характеристики формируемых ими гамет, а также оценка пригодности их для получения триплоидов в скрещиваниях типа 2х × 4х, 4х × 2х. С другой стороны, анализ плоидности гибридного потомства от таких скрещиваний с целью выявления триплоидных форм для дальнейшего изучения и последующего отбора новых сортов.

К настоящему времени мейоз при микроспорогенезе изучен у 18 тетраплоидных форм. На основании проведенных исследований в качестве доноров диплоидных гамет для селекции на полиплоидном уровне можно рекомендовать: Антоновку плоскую (2-4-4-4х), Джаент Спай (2-4-4-4х), Папировку тетраплоидную (2-4-4-4х), Уэлси-F (2-4-4-4х), гомогенные тетраплоиды Спартан (4х), Мелб (4х), сеянец 13-6-106 (4х). Из новых форм, полученных в ходе реализации программы по селекции на полиплоидном уровне, хорошими донорами диплоидных гамет являются формы 25-35-144, 25-35-121, 25-37-45, 25-37-40, 25-37-47, 30-47-88 и некоторые другие. Особенно ценны как доноры диплоидных гамет формы

25-37-47 и 30-47-88, так как они в своем генотипе имеют ген иммунитета к парше первая – ген V_m, вторая – ген V_f.

Формирование женского гаметофита изучено у 11 тетраплоидных форм. В большинстве случаев, несмотря на некоторые сортоспецифические отклонения в ходе формирования зародышевого мешка, к началу опыления наблюдаются зародышевые мешки, имеющие типичное для *Rosaceae* строение и готовые к оплодотворению.

Количество полиплоидов (триплоиды + тетраплоиды) в гибридном потомстве при использовании этих тетраплоидных форм в скрещиваниях типа 2х × 4х, 4х × 2х колеблется в пределах 71,3 – 95,5%.

Всего 15 лет назад не существовало ни одного триплоидного сорта яблони, созданного от целенаправленных разнохромосомных скрещиваний. В настоящее время такие сорта есть.

Исключительный интерес представляет совмещение двух приоритетных направлений, т. е. создание иммунных и высокоустойчивых к парше сортов на полиплоидном уровне. При этом для скрещиваний подбирается один родитель в качестве донора диплоидных гамет, а другой с иммунитетом к парше. Из полученных нами триплоидных иммунных к парше (ген V_f) сортов два – Рождественское и Яблочный Спас – включены в Госреестр (районированы), а сорт Масловское проходит Государственное испытание.

Важным моментом остается выявление спонтанных триплоидных форм, так как, несмотря на довольно редкое появление их среди потомства от скрещивания диплоидных родителей, спонтанные триплоидные формы нередко обладают целым комплексом положительных качеств, что выдвигает их в разряд перспективных для производства. Такое происхождение имеют триплоидные сорта Память Семакину, Рождественское, Юбиляр селекции ВНИИСПК. Первые два сорта районированы.

Большое внимание уделяется во ВНИИСПК **созданию высокоурожайных сортов яблони с повышенным содержанием в плодах питательных и биологически активных веществ.** Эта работа выполняется совместно с лабораторией биохимической оценки плодов.

Исследования, проводимые в институте на протяжении более 50 лет, позволили дать оценку биохимического состава плодов у 700 сортообразцов яблони генофонда института, а также проанализировать данные по содержанию питательных и биологически активных веществ в плодах яблони у всех районированных и лучших сортов, проходящих Государственное испытание в России по данным многих научных и опытных учреждений (более 200 сортов). Кроме этого дана оценка плодов у 15 тыс. гибридных сеянцев яблони гибридного фонда института, что позволило установить закономерности вариабельности и наследования основных наиболее важных элементов биохимического состава плодов.

При селекции яблони во ВНИИСПК на повышенное содержание аскорбиновой кислоты (АК) в плодах новый этап связан с целенаправленными ступенчатыми (сложными) скрещиваниями, когда лучшие сеянцы от простых скрещиваний используются в гибридизации между собой или с высоковитаминными сортами. Из сортов, созданных в институте, повышенным содержанием в плодах АК (более 15 мг/100 г) обладают: Вита, Ивановское, Ветеран, Куликовское, Пепин орловский.

В результате крупномасштабной селекции яблони на повышенное содержание аскорбиновой кислоты в плодах отобрано и высажено в селекционные сады 18,6 тыс. сеянцев, полученных от целенаправленных скрещиваний. Установлен ряд зависимостей накопления аскорбиновой кислоты от некоторых других биохимических и физиологических признаков. Слабая связь или ее отсутствие между содержанием в плодах аскорбиновой кислоты и степенью поражения паршой листьев и плодов дает основание считать возможным создание сортов, совмещающих высокую витаминность и устойчивость к парше.

Из всего анализируемого сортимента яблони выделено 48 сортов с высоким содержанием Р-активных веществ в плодах (251–800 мг/100 г). Многие новые сорта яблони селекции ВНИИСПК характеризуются высоким содержанием (более 450 мг/100 г) Р-активных веществ в плодах: Афродита (464), Память Семакину (474), Яблочный Спас (481), Августа – (502), Кандиль орловский – (558), Радость Надежды (639).

Из гибридного фонда взято 29 отборных и элитных сеянцев с содержанием в плодах Р-активных веществ более 450 мг/100 г. Исключительно высоким содержанием в плодах Р-активных веществ (1460 мг/100 г) характеризуется сеянец 18-36-135 [Бабушкино × 12-19-47 (Неизвестный сеянец × Несравненное)], полученный от ступенчатого сложного скрещивания. Плоды его обладают также высоким содержанием аскорбиновой кислоты (44,2 мг/100 г).

Кроме аскорбиновой кислоты и Р-активных веществ сортовой фонд яблони анализировался на содержание в плодах пектиновых веществ. Сорта селекции ВНИИСПК представляют ценность по содержанию в плодах пектиновых веществ: из изученного количества сортов (38) значительная часть (18) накапливала в плодах более 13,0% пектинов. В группу с наиболее высоким содержанием пектина (более 14,0% на сухую массу) вошли сорта: Кандиль орловский (14,3), Курнаковское и Рождественское (14,4), Орловский пионер (14,8), Здоровье (15,5), Памяти Хитрово (15,6), Болотовское (16,3) и Славянин (16,7). Из них обладают высокой стабильностью признака и тем самым представляют ценность для селекции Болотовское, Курнаковское, Орловский пионер, Славянин.

Из питательных веществ яблок ценны сахара, представленные в основном фруктозой и глюкозой. Среди сортов селекции ВНИИСПК наибольший интерес привлекают сравнительно высокосахаристые (более 10,5%) сорта: Утренняя звезда (12,01), Спасское (11,91), Вятич (11,85), Ивановское (11,78), Олимпийское и Старт (10,87), Орлик и Курнаковское (10,79), Низкорослое (10,64), Памяти Хитрово (10,59), Желанное (10,58), Масловское (10,71), Память воину (10,51). Большинство из этих сортов обладает достаточно высоким гомеостазом данного признака. При анализе гибридного потомства по отдельным семьям были выявлены положительные трансгрессии по содержанию сахаров в плодах, что свидетельствует о перспективах создания высокосахаристых сортов.

Селекция яблони на улучшение биохимического состава плодов является приоритетной [3].

Литература

1. *Жданов В. В., Седов Е. Н.* Селекция яблони на устойчивость к парше. Тула: Приок. кн. изд-во, 1991. 208 с.
2. *Седов Е. Н.* Селекция и сортимент яблони для Центральных регионов России. Орел: Изд-во ВНИИСПК, 2005. 312 с.
3. *Седов Е. Н., Макаркина М. А., Левгерова Н. С.* Биохимическая и технологическая характеристика плодов генофонда яблони. Орел: Изд-во ВНИИСПК, 2007. 310 с.
4. *Седов Е. Н., Седышева Г. А., Серова З. М.* Селекция яблони на полиплоидном уровне. Орел: Изд-во ВНИИСПК, 2008. 368 с.

ПРОДУКТИВНОСТЬ ОБРАЗЦОВ ГОРОХА (*PISUM SATIVUM* L.) ИЗ КОЛЛЕКЦИИ ВИР В УСЛОВИЯХ ЛЕНИНГРАДСКОЙ ОБЛАСТИ

Е. В. Семенова, Д. В. Соболев

Государственный научный центр РФ Всероссийский научно-исследовательский институт растениеводства им. Н. И. Вавилова РАСХН, Санкт-Петербург, Россия, e-mail: e.semenova@vir.nw.ru

Резюме

В статье приводятся данные по изучению 113 образцов гороха различного хозяйственного назначения в разные по метеорологическим показателям годы в условиях Ленинградской обл. Проанализирована изменчивость элементов продуктивности, выявлены стабильно продуктивные образцы. Выделены источники хозяйственно ценных признаков для Северо-Запада РФ.

PRODUCTIVITY OF PEA (*PISUM SATIVUM L.*) ACCESSIONS FROM THE VIR COLLECTION IN THE LENINGRAD REGION

E. V. Semenova, D. V. Sobolev
N. I. Vavilov All-Russian Research Institute of Plant Industry, St. Petersburg, Russia, e-mail: e.semenova@vir.nw.ru

Abstract

113 pea accessions have been evaluated for two years differing by weather condition in the Leningrad region. The variability of productivity elements has been analyzed and accessions with stable productivity revealed. The sources of important agronomic traits for the Russian Northwest have been selected.

Введение

Горох посевной (*Pisum sativum* L.), имеющий разнообразные направления использования (продовольственное, кормовое, сидерационное), – основная зернобобовая культура в нашей стране. Производство гороха в Российской Федерации в 2007 г. составило 871 040 т, производственные площади занимали 744 500 га. Средний урожай был 11,69 т/га, что почти в 4 раза меньше максимальных мировых показателей (*www.faostat.fao.org*). Это в большой степени определяется неполным соблюдением технологий возделывания, но в некоторых регионах нашей страны и нестабильными погодными условиями. К таким регионам, где наблюдаются значительные межгодовые флуктуации средних температур воздуха и суммы осадков, относится Северо-Запад РФ. Поэтому создание продуктивных сортов, приспособленных к агроклиматическим условиям конкретных регионов, не теряет своей актуальности.

Основную роль в создании таких сортов должен играть исходный материал из мировой коллекции гороха ВИР. Коллекции гороха ВИР уже более 100 лет. Первые образцы гороха появились в коллекции в конце XIX века (1896 г.). В настоящее время она содержит 8 492 образца, из 93 стран мира. Генофонд гороха, сохраняемый в коллекции, отличается большим морфологическим и экотипическим разнообразием. Определение «мировая» отражает репрезентативность разнообразия этой культуры, так как коллекция содержит образцы разного статуса (сорта научной селекции, местные и староместные сорта, селекционный материал, дикие формы), собранные практически во всех земледельческих зонах земного шара, в том числе в центре разнообразия вида [3].

Выявление характера изменчивости признаков, определяющих продуктивность культурных растений, позволяет определить эффективную методологию поиска уникальных для данного региона генотипов. Одним из путей поиска таких генотипов представляется выявление образцов со стабильной продуктивностью в контрастные по метеоусловиям годы. Известно, что стабильность в агрономическом понимании не означает общего фенотипического постоянства в различных условиях среды, а касается в первую очередь хозяйственно ценных признаков, в особенности продуктивности и вегетационного периода [1]. Такая стабильность в действительности может быть связана с широкой изменчивостью некоторых морфологических и физиологических признаков. Выявление основных признаков, определяющих продуктивность, и закономерностей связей этих признаков в меняющихся климатических условиях актуально для всех сельскохозяйственных культур, в том числе и для гороха.

Цель данной статьи – осветить результаты исследования продуктивности образцов гороха разных направлений использования преимущественно восточно-европейского происхождения из коллекции ВИР в условиях Ленинградской обл., выявить источники ценных признаков и выделить стабильные по продуктивности образцы.

Материал и методы

В изучение были включены 113 образцов гороха селекции Беларуси, Болгарии, Венгрии, Латвии, Литвы, Польши, Румынии, России, Украины, Чехословакии, Эстонии и Югославии

разных направлений использования (зерновые, овощные, кормовые). Среди изученных образцов – 23 районированных сорта.

Полевые исследования проводили в 2006 – 2007 гг. в Пушкинском филиале ВИР.

Метеорологические условия 2006 – 2007 гг. отличались друг от друга, имели отклонения от среднемноголетних данных в изучаемом регионе и характеризовались неравномерным распределением осадков и температуры воздуха в период вегетации растений.

Средняя температура воздуха за вегетационный период 2006 г. составляла 16,9°С, тогда как средняя многолетняя была 12,8°С. Наибольшее отклонение температуры воздуха от нормы отмечалось со второй декады июня по третью декаду августа. Сумма осадков в течение всего периода вегетации (112 мм) была в три раза ниже средней многолетней (358 мм) для данного региона.

В целом, вегетационный период в 2007 г. в Ленинградской обл. отличался температурами воздуха, близкими к среднемноголетним (15,5°С), тогда как количество выпавших осадков было в два с половиной раза ниже многолетних показателей (131 мм).

Таким образом, погодные условия в годы проведения исследований были различными и характеризовались широким диапазоном колебаний от благоприятных до резко выраженных неблагоприятных. Это послужило хорошим дифференцирующим фоном для оценки коллекционного материала.

Результаты исследований

Продолжительность периода вегетации у гороха в значительной степени определяет пригодность того или иного сорта для возделывания в конкретном регионе и является важнейшей проблемой селекции.

Ритмы жизненных процессов гороха определяются генетическими особенностями сортов и в сильной степени зависят от экологических факторов. Обилие осадков и высокая относительная влажность воздуха, как и понижение температуры воздуха, обусловливают увеличение продолжительности вегетационного периода. В многочисленных исследованиях отмечена прямая зависимость продолжительности вегетационного периода от количества осадков и обратная – от суммы температур.

Образцы гороха значительно различаются по продолжительности вегетационного периода: от ультраскороспелых до позднеспелых [5].

В табл. 1 приведены данные по продолжительности межфазных периодов образцов за годы исследований.

В результате анализа данных установлено, что сортовые особенности и происхождение сортов не оказывают существенного влияния на продолжительность межфазного периода посев – всходы при одинаковых почвенных и гидротермических условиях. Продолжительность этого периода в большей степени зависит от погодных условий, а именно от количества осадков (r = 0,90) и температуры воздуха (r = 0,92). При более низкой температуре воздуха и малом количестве осадков наблюдалось увеличение периода посев – всходы.

Таблица 1. Продолжительность межфазных периодов образцов гороха, 2006 – 2007 гг.

Период вегетации	Год изучения	Продолжительность периода		
		сут	$X_{ср} \pm sd$	V, %
Посев – созревание	2006	83 – 93	85,3 ± 0,28	3,4
	2007	75 – 92	84,4 ± 0,38	4,8
	2006 – 2007	75 – 93	84,8 ± 0,24	4,2
Посев – всходы	2006	9 – 19	16,47 ± 0,28	17,6
	2007	8 – 13	8,59 ± 0,07	8,5
	2006 – 2007	8 – 19	12,46 ± 0,30	35,8
Всходы – цветение	2006	12 – 49	33,78 ± 0,51	15,6
	2007	30 – 48	37,46 ± 0,41	11,6

	2006 – 2007	12 – 49	35,65 ± 0,35	14,5
Цветение – созревание	2006	21 – 79	50,85 ± 0,62	12,7
	2007	36 – 59	47,87 ± 0,48	10,7
	2006 – 2007	21 – 79	49,33 ± 0,40	12,1

Примечание: $X_{ср}$ – среднее значение признака и sd его ошибка; min – минимальное значение признака, max – максимальное значение признака; V, % – коэффициент вариации признака.

Длительность периода вегетации гороха зависит в основном от продолжительности двух основных фаз: всходы – цветение и цветение – созревание. В период всходы – цветение происходит рост и развитие репродуктивных органов, способствующих накоплению вегетативной массы. В наших исследованиях средняя продолжительность этого периода в жаркий засушливый 2006 г. была меньше (33,8 сут), чем в более холодный и менее засушливый 2007 г. (37,5 сут).

В период цветение – созревание растения гороха наиболее чувствительны к недостатку тепла. Но высокая температура (выше 26°С) отрицательно влияет на налив семян и число семян в бобе, что ведет к снижению семенной продуктивности. Продолжительность этого периода также в значительной степени зависит как от условий произрастания, так и от сортовых особенностей образцов гороха [6]. В среднем продолжительность межфазного периода цветение – созревание варьировала от 21 до 79 сут. Установлена зависимость между продолжительностью периода, среднесуточной температурой воздуха и количеством осадков (табл. 2).

Для определения особенностей продолжительности периода вегетации у сортов гороха разного хозяйственного использования все образцы были разделены на группы согласно их принадлежности тому или иному типу использования. Наименьшая средняя продолжительность вегетационного периода отмечалось у образцов зернового типа использования (82,53 ± 0,30 сут), наибольшая у кормовых сортов (85,92 ± 1,67 сут). Наиболее стабильным данный признак был у овощных сортов (CV = 2,8%).

Таблица 2. Взаимосвязь продолжительности вегетационного периода и составляющих его периодов со среднесуточной температурой воздуха, суммой активных температур, ГТК и суммой осадков

Период	$T_{сред}$, °С	∑ T>10, °С	Осадки, мм	ГТК
2006 г.				
Посев – всходы	–0,985	1,000	0,903	–0,757
Всходы – цветение	0,438	0,976	0,676	–0,854
Посев – созревание	–0,959	0,983	–0,303	–0,921
2007 г.				
Посев – всходы	–0,751	0,763	–	–0,760
Всходы – цветение	0,117	0,998	0,552	–0,864
Посев – созревание	–0,929	0,997	0,769	–0,919

В соответствии с этим изученные образцы были разделены на 3 группы: раннеспелые, среднеспелые и позднеспелые. На основании этого были выделены образцы, проявившие себя в условиях Северо-Запада РФ как раннеспелые, с продолжительностью вегетационного периода до 79 сут. Это зерновые сорта – Белоцерковский 10 (к-3900) и Уладовский 620 (к-8796) из Украины, Аксайский усатый – 15 из России (к-8805), овощные – Meteor из Польши (к-8229), Краснообский из России (к-8170), кормовые – Кормовой 5 из России (к-8796), Нежданный из России (к-8764). Данные образцы можно рекомендовать для включения в селекционные программы в качестве источников раннеспелости.

Продуктивность сортов гороха – также сложный признак, зависящий как от генотипа, так и от условий выращивания. Для повышения эффективности селекции гороха на

продуктивность необходимо выявление изменчивости составляющих этого признака. Результаты изучения структуры продуктивности приведены в табл. 3.

Таблица 3. Элементы продуктивности гороха, 2006 – 2007 гг.

Элемент продуктивности	Год изучения	Xcp ± sd	min – max	V, %
Длина главного стебля	2006	104,9 ± 3,18	43 – 177	31,7
	2007	135,6 ± 4,68	41 – 231	36,7
	2006 – 2007	120,3 ± 2,98	41 – 231	37,2
Высота прикрепления нижнего боба	2006	6,4 ± 0,17	2 – 12	28,2
	2007	9,1 ± 0,28	2 – 17	32,7
	2006 – 2007	7,8 ± 0,19	2 – 17	36,1
Число продуктивных узлов	2006	6,4 ± 0,17	2 – 12	28,2
	2007	9,1 ± 0,28	2 – 17	32,7
	2006 – 2007	7,8 ± 0,19	2 – 17	36,1
Число междоузлий на растении	2006	18,9 ± 0,24	13 – 26	13,1
	2007	21,6 ± 0,40	13 – 33	19,9
	2006 – 2007	20,2 ± 0,25	13 – 33	18,8
Число бобов на растении	2006	11,4 ± 0,56	5 – 40	51,8
	2007	27,7 ± 1,40	8 – 100	53,9
	2006 – 2007	19,5 ± 0,93	5 – 100	71,5
Число семян в бобе	2006	4,5 ± 0,09	2 – 7	19,7
	2007	4,4 ± 0,09	1 – 7	22,3
	2006 – 2007	4,5 ± 0,06	1 – 7	21,0
Число семян с растения	2006	50,5 ± 2,54	15 – 193	52,5
	2007	116,6 ± 5,20	35 – 308	47,2
	2006 – 2007	82,6 ± 3,65	13 – 308	66,2
Масса семян с растения, г	2006	9,2 ± 0,34	2,0 – 27,9	38,4
	2007	21,0 ± 0,89	4,5 – 79,3	44,4
	2006 – 2007	15,2 ± 0,62	2,0 – 79,3	60,7
Масса 1000 семян, г	2006	196,9 ± 5,95	71,2 – 373,1	31,4
	2007	190,2 ± 4,65	80,8 – 335,4	25,9
	2006 – 2007	193,5 ± 3,76	71,2 – 373,1	28,8

Примечание: $\overline{X}_{ср}$ – среднее значение признака и sd его ошибка; min – минимальное значение признака, max – максимальное значение признака; V, % – коэффициент вариации признака.

Длина стебля. В зависимости от сорта и условий выращивания длина стебля у гороха варьирует от 25 до 250 – 300 см: низкий – ниже 51 см (карликовые формы); полунизкий – 51–80 см (полукарликовые формы); средний 81 – 150 см; высокий – 151 – 300 см [5]. В силу полегаемости высокорослых форм, обусловливающей потери урожая, современная селекция направлена на укорочение длины стебля.

В результате сравнительного анализа длины стебля у образцов гороха установлено, что значение этого показателя в среднем за два года варьировало от 41 до 231 см (табл. 3). Минимальное значение признака наблюдалось в 2007 г. у образца к-4808, максимальное – в 2007 г. у образцов к-2561, к-5451, к-5488. В среднем длина главного стебля у образцов гороха составила 120,3 см, при максимальной длине в 2007 г. – 231 см. В наших исследованиях изменчивость длины стебля у гороха в среднем за два года варьировала от 19,9% (к-8854) до 56,5% (к-5719).

Наибольшее варьирование этого признака по всем изучаемым образцам наблюдалось в 2007 засушливом и более холодном году (36,7%). В результате все образцы распределены по длине главного стебля на четыре группы.

Выделены образцы с длиной главного стебля менее 50 см: к-4808, к-7545, к-8518, к-8854, к-8979. Данные образцы можно рекомендовать для включения в селекционные программы в качестве источников низкорослости (неполегаемости).

Высота прикрепления нижнего боба. Это ценный хозяйственнополезный признак, определяющий пригодность к механизированной уборке неполегающих форм. В среднем за два года значение этого признака варьировало от 21 до 127 см (см. табл. 3). Минимальное значение признака было у образца Сквирский 34 (к-4808) из Украины, максимальное – у образцов к-2561 из Украины и к-2174 из Болгарии.

Число продуктивных узлов на растении. Узлы, в которых развивается цветок или боб, называют фертильными, или продуктивными. Число их в большей степени зависит от условий выращивания, чем число непродуктивных узлов [3, 6].

Минимальное число продуктивных узлов на растении наблюдалось у образцов к-8854 (2,0), к-9036 (1,9); максимальное у к-4630 (17,0), к-8988 (15,5), к-4832 (15,5).

Число междоузлий на растении. Общее число междоузлий на растении составляет сумму продуктивных и непродуктивных узлов, т. е., являясь характерным для сорта, оно в известной мере может изменятся в зависимости от условий выращивания.

В среднем за два года значение признака варьировало от 13 до 33 шт. при среднем 20,2 (см. табл. 3). Минимальное число междоузлий на растении наблюдалось у образца к-9036 (13,2), максимальное – у образцов к-2561 и к-5451 (32,6 и 32,0 соответственно).

Число бобов на растении. В среднем за два года значение признака варьировало от 5 до 100 (см. табл. 3). Среднее значение минимального числа бобов на растении наблюдалось у к-7545 (5,1), максимальное – у к-8988 (54,5).

Число семян в бобе. В формировании урожая гороха большое значение имеет осемененность боба, которая в свою очередь зависит от числа заложенных в завязи семяпочек. Обычно в завязи закладывается от 4 до 12 семяпочек.

В среднем за два года значение признака варьировало в пределах 1–9 (таблица 3). Максимальное среднее значение данного признака наблюдалось в 2007 г. у образца к-8856 (9,0 шт.). Из полученных результатов видно, что данный признак имеет высокое межсортовое, но низкое внутрисортовое варьирование и слабую зависимость от погодных условий, определяясь главным образом сортовыми различиями.

При изучении данного признака у образцов гороха разных групп хозяйственного использования установлено, что в среднем наибольшее число семян в бобе наблюдалось у овощных сортов (5,03 ± 0,19), наименьшее – у зерновых (4,43 ± 0,06).

В каждой группе по направлению хозяйственного использования были выделены образцы с максимальными значениями признака: зерновые сорта: к-5555 (6,4 шт.), к-8606 (6,1), к-8805 (5,6), к-2175 (5,4); овощные: к-8856, к-7811 (6,7), к-4960 (5,9), к-8271 (5,8); кормовые: к-8624 (5,6), к-5488 (5,3). Данные сорта можно рекомендовать для включения в селекционные программы как источник стабильно высокого числа семян в бобе в изучаемом регионе.

Число семян с растения. Репродуктивная способность растения, определяемая числом семян, – основной признак, обеспечивающий селективное преимущество генотипа. Число семян с растения является производным от числа бобов на растении и числа семян в бобе. Признак отличается разнообразием проявления у изучаемых сортов.

Среднее значение минимального числа семян с растения наблюдалось у образца к-4808 (22,8), максимальное – у образца к-2176 (106,5).

Масса семян с растения (семенная продуктивность). Семенная продуктивность растений гороха – один из сложнейших признаков, обусловленный взаимодействием многих генов и влиянием почвенно-климатических и агротехнических условий. Продуктивность гороха слагается из следующих элементов: числа продуктивных узлов на растении, числа бобов на продуктивный узел, числа семян в бобе, массы 1000 семян.

Среднее значение минимальной массы семян с растения наблюдалось у образцов к-4808 и к-4602 (3,5 и 5,0 г соответственно), максимальное у образцов к-8671 и к-8733 (15,4 и 15,2 г соответственно).

Установлено, что среднее значение признака наибольшее у кормовых сортов -10,44 ± 0,87 (CV% = 23,6%), у зерновых равнялось 9,81 ± 0,47 (CV% = 43,5%) и наименьшее у овощных сортов: 8,42 ± 0,46 (CV% = 25,7%).

В каждой группе по направлению хозяйственного использования были выделены образцы с максимальными значениями признака (г): зерновые сорта – к-8733 (15,2), к-8237 (14,5), к-8495 (14,4), к-8746 (14); овощные: к-8713 и к-8170 (13,3), к-9036 и к-8271 (10,8); кормовые сорта: к-8671 (15,5), к-8624 (12,1). Данные сорта можно рекомендовать для включения в селекционные программы как источник стабильно высокой продуктивности в изучаемых регионах.

Масса 1000 семян. Этот признак – один из наиболее вариабельных элементов семенной продуктивности гороха [2, 7]. В эволюционном плане размер семени является результатом двух разнонаправленных процессов: тенденции обеспечения повышенной репродукционной способности для колонизации свободного пространства и поддержания плотности ценоза, а также обеспечения прорастания семян и раннего развития растения в условиях конкуренции за ресурсы среды между растениями за счет большей величины семени [6]. По выраженности этого признака сорта делятся на группы с массой 1000 семян меньше 50 г – очень мелкие; 51-150 г – мелкие; 151–250 г – средние и более 250 г – крупные [5].

В нашем исследовании в среднем за два года значение признака варьировало в пределах: 30,9–483,4. Среднее значение минимальной массы 1000 семян наблюдалось у образцов к-1675 и к-5488 (53,1 и 75,2 г соответственно), максимальная была у образцов к-8525 и к-8907 (311 и 290,3 г соответственно).

По нашим данным все изученные образцы можно разделить на три группы: 1) мелкосемянные; 2) среднесемянные; 3) крупносемянные. При изучении данного признака у образцов гороха разных групп хозяйственного использования установлено, что в среднем самые крупные семена наблюдались у зерновых сортов (195,88 ± 5,18) (V = 24,1%), самые мелкие – у кормовых (150,51 ± 22,82) (V = 42,9%), овощные заняли промежуточное положение (184,34 ± 7,65) (V = 19,5).

В каждой группе по направлению хозяйственного использования, выделены образцы с максимальными значениями признака (г): зерновые – к-8907 (290,3), к-6398 (289), к-8525 (287), к-8761 (283); овощные – к-8839 (262,1), к-7545 (247), к-8170 (242).

Современная селекция кормовых сортов направлена на уменьшение признака крупности семян [5], поэтому выделены источники мелкосемянности (г): к-2174 (87,0), к-5488 (98,2). Данные сорта можно рекомендовать для включения в селекционные программы как источник стабильно высокой для зерновых и овощных и низкой для кормовых сортов массы 1000 семян в изучаемом регионе.

Число цветков на цветоносе. У большинства сортов на одном цветоносе образуется обычно 1–2 цветка, из которых формируются бобы, как правило, в таком же количестве. Целый ряд современных сортов обладает признаком многоплодности, формируя не менее трех бобов на узел. В изучаемом наборе образцов было выделено пять образцов с тремя цветками на цветоносе. Один образец (к-9036) имел 4 цветка на цветоносе.

Заключение

Таким образом, в изученном наборе образцов выявлено разнообразие по основным признакам продуктивности, отображенное в «Международном классификаторе СЭВ рода *Pisum L.*», а именно: по размаху изменчивости высоты растения, продолжительности межфазных периодов, семенной продуктивности, крупности семян, числу продуктивных и непродуктивных узлов, междоузлий.

Выявлены образцы со стабильно высокой семенной продуктивностью в контрастные по погодным условиям годы на Северо-Западе РФ. Выделено 22 образца со стабильной

семенной продуктивностью, достоверно превышающей средний для изученной выборки показатель. Из них образцов: зерновых – 17, овощных – 2, кормовых – 3.

Образцы зернового типа использования Fruhjahrserbse 24 (к-5820) и Obrazcov Chiflik 29 (к-6598) из Болгарии, Воронежский (к-6205) и Атлант (к-8237) из России, Kijr (к-7307) из Эстонии, а также овощной сорт Краснообский (к-8170) мы рекомендуем для включения в селекционные программы Северо-Западного региона в качестве источников стабильной продуктивности.

Литература

1. *Варлахов М. Д.* Применение селекционно-генетических методов в оценке исходного материала для селекции гороха: Автореф. дис. на соиск. учен. степ. канд. с.-х. наук. (06.01.05). Л., 1976. 18 с.
2. *Вишнякова М. А.* Эколого-географическое разнообразие генофонда зернобобовых ВИР и его значение для селекции // Экол. ген. культ. раст.: матер. шк. молод. учен.; [ВНИИ риса]. Краснодар, 2005. С. 117-133.
3. *Кондыков, Кондыков И. В., Акульчева Н. Н., Уваров В. Н.* Морфотипы гороха с нетрадиционной архитектоникой репродуктивной зоны и перспективы их использования в селекции // Аграрная Россия. 2002. № 1. С. 37–42.
4. *Макашева Р. Х.* Культурная флора СССР. Зерновые бобовые культуры // Горох. Л.: Колос, 1979. Т 4. 324 с.
5. *Макашева Р. Х.* Генетика гороха // Генетика культ. раст.: Зернобобовые, овощные, бахчевые /Под ред. Т. С. Фадеевой, В. И. Буренина. Л.: ВО Агропромиздат, 1990. С. 15–80.
6. *Наумкина Т. С.* Диаллельный анализ и его использование в селекции гороха: Автореф. дис. .... канд. с.-х. наук. Л., 1984. 16 с.
7. *Allard R. W., Hansche P. E.* Some parameters of population variability and their implications in plant breeding // Advanc. in agronomy. N.-Y., London, 1964. V. 16. P. 281–325.

ХОЗЯЙСТВЕННАЯ ЦЕННОСТЬ ДИКОРАСТУЩИХ ОБРАЗЦОВ ЛЮЦЕРНЫ ХМЕЛЕВИДНОЙ (*MEDICAGO LUPULINA L.*) РАЗЛИЧНОГО ЭКОЛОГО-ГЕОГРАФИЧЕСКОГО ПРОИСХОЖДЕНИЯ

Г. В. Степанова

Всероссийский научно-исследовательский институт кормов им. В. Р. Вильямса РАСХН, г. Лобня Московской обл., Россия, e-mail: gvstep@yandex.ru

Резюме

Изучено 174 образца люцерны хмелевидной (*Medicago lupulina* L.): 44 из них относились к разновидности *vulgaris* Koch., 130 – к разновидности *perennans* Grossh. Яровые однолетние формы разновидности *vulgaris* отличались скороспелостью, имели мелкие листья, урожайность сухого вещества составляла 0,5–4,4 т/га, семян 170–1100 кг/га, содержание протеина 19,7–20,1%. Двухлетние образцы интермедиального типа разновидности *perennans* имели листья среднего или крупного размера, урожай сухого вещества – 4,4–5,6 т/га, семян – 800–1800 кг/га, содержание протеина – 22,2–24,8%. Показано, что образцы интермедиального типа разновидности *perennans* являются ценным исходным материалом для селекции сортов сенокосно-пастбищного типа использования.

ECONOMIC IMPORTANCE OF WILD BLACK MEDIC (*MEDICAGO LUPULINA* L.) OF DIFFERENT ECOLOGICAL AND GEOGRAPHIC ORIGIN

G. V. Stepanova

V. R. Williams All-Russian Fodder Research Institute, RAAS, Lobnia, Moskow Region, Russia, e-mail: gvstep@yandex.ru

Abstract

174 samples of wild black medic (*Medicago lupulina L.*) have been studied: 44 belonged to the var. *vulgaris* Koch. and 130 – to var. *perennans* Grossh. Annual spring forms of var. *vulgaris* were early, had small leaves and yield of dry matter of 0.5–4.4 t/ha, that of seeds of 170–1100 kg/ha, and protein content of 19.7–20.1%. Biannual samples of the intermediate type of var. *perennans* had leaves of medium to large size, a harvest of dry matter of 4.4–5.6 t/ha, that of seeds of 800–1800 kg/ha, and protein content of 22.2–24.8%. The samples of var. *perennans* can be used as valuable initial material for breeding varieties for haymaking and pastures.

В последние годы наблюдается возрастание интереса к люцерне хмелевидной (*Medicago lupulina* L.). Научные исследования этого вида люцерны в России проводятся во Всероссийском институте растениеводства (ВИР), во ВНИИ сельскохозяйственной микробиологии, ВНИИ кормов им. В. Р. Вильямса, за рубежом – в США, Германии, Дании, Польше, Литве. Созданы сравнительно урожайные сорта: Renata (Польша), Nordol (Дания), Virgo Pajbjerg и Repus Vereduna (Германия), George (США) и др. В России с 1999 г. в Государственный реестр для производственного использования включен сорт Мира, созданный во ВНИИ кормов им. В. Р. Вильямса. С 2008 г. сорт Мира является международным стандартом, представляющим люцерну хмелевидную (Методика проведения испытаний на отличимость, однородность и стабильность. Люцерна (*Medicago* L. (исключая *Medicago sativa* L.)) от 16.01.2008 г.).

Морфобиологические особенности и хозяйственное значение

Люцерна хмелевидная (*Medicago lupulina* L.) – наиболее широко распространенный полиморфный вид рода *Medicago*, относится к подроду *Lupularia* Grossh., включает три разновидности: 1-я – *vulgaris* Koch., 2-я – *Willdenowii* Bonn., имеющие однолетний жизненный цикл и 3-я – *perennans* Grossh., представлена двух- и многолетними формами озимого и интермедиального типов. Люцерна хмелевидная – облигатный самоопылитель. В естественных условиях встречаются диплоидные и тетраплоидные формы (2n = 16, 32).

У разновидностей *vulgaris* и *perennans* бобы, стебли и листья голые или покрыты редкими нечленистыми волосками; у разновидности *Willdenowii* – обильно покрыты членистыми железистыми волосками, иногда развито паутинисто-волосистое опушение. У всех разновидностей люцерны хмелевидной листочки широкие, обратнояйцевидной или ромбической формы, зазубренные в верхней части. Стебли тонкие, приподнимающиеся или стелющиеся. Соцветия короткие, длиной 5 – 15 мм, плотные, яйцевидной или продолговато-яйцевидной формы. Цветки мелкие (длина венчика 1 – 3 мм), желтой окраски. Бобы почковидные, односемянные, нерастрескивающиеся, в зрелом состоянии черного, реже серого или оливкового цвета; длина боба 2 – 3 мм, ширина 1 – 2 мм. Семена желтого, оливкового или светло-коричневого цвета, твердосемянность составляет 60 – 99%. Масса 1000 семян у разновидности *vulgaris* – 0,8 – 1,2 г, у *perennans* – 1,5 – 1,8 г [3, 4].

Дикорастущая люцерна хмелевидная встречается в разных природно-климатических зонах, представлена мезофитными и ксерофитными экотипами. Она распространена по всей территории Европы (кроме Арктики), в Западной и Восточной Сибири, на Дальнем Востоке, в Центральной и Малой Азии, Северной Африке. Вторичные центры распространения находятся в Северной Америке и Австралии. Произрастает хмелевидная люцерна в различных экологических условиях, преимущественно на легких почвах – с pH 5,5 – 7,5. Растет на склонах, насыпях вдоль железнодорожных путей, шоссейных и полевых дорог, на галечниках, в долине рек, на лугах и пастбищах. В горах поднимается до 2000 – 2500 м над ур. м. Хорошо поедается всеми видами животных [2, 4].

Наиболее высокими кормовыми достоинствами обладает разновидность *perennans* Grossh, относящаяся к интермедиальному типу. Она используется на пастбищах в качестве бобового компонента в составе сложных травосмесей. Хорошо сочетается с люцерной посевной и изменчивой (*Medicago sativa, M varia),* клевером луговым *(Trifolium pratense),* гибридным (*T. hybridum*), лядвенцем рогатым (*Lotus corniculatus*), овсяницей луговой (*Festuca*

pratensis), тимофеевкой луговой (*Phleum pratense*) и другими видами луговых трав. На рыхлой хорошо увлажненной почве образует заросли, иногда вытесняя из травостоя даже верховые злаки. Характеризуется хорошим отрастанием после стравливаний, нежностью зеленой массы, хорошей поедаемостью, высоким содержанием протеина (превосходит люцерну посевную), витаминов, микроэлементов, устойчивостью к вытаптыванию, длительным периодом вегетации, повышает плодородие почвы, является прекрасным почвопокровным растением. Урожайность сена может достигать 4 т/га и более, семян – 200–450 кг/га. Во влажные годы урожайность сухого вещества кормовой массы повышается до 5–6 т/га, в засушливые падает до 0,5 – 1,0 т/га. Люцерна хмелевидная отличается холодостойкостью и устойчивостью к заморозкам весной и осенью. Активная вегетация начинается при среднесуточной температуре воздуха +5°С и продолжается в Нечерноземной зоне 130 – 160 дней. Небольшая долговечность на пастбищах компенсируется хорошим самосевом, что постоянно обновляет травостой. По кормовым достоинствам люцерна хмелевидная превосходит многие бобовые травы. Содержание питательных веществ зависит от разновидности, возраста растений, фазы развития, органа растения и года проведения исследований. В первый год жизни в фазу цветения у люцерны интермедиального типа содержание составляет (%): протеина 22,3 – 23,1, жира 3,2 – 3,5, клетчатки 21,7 – 22,9, БЭВ 41,2 – 41,8, золы 9,8 – 10,4, фосфора 0,30 – 0,32, кальция 1,01 – 1,12, калия 2,76 – 2,82, железа 487 – 495 мг/кг, магния 2,8 – 3,4 мг/кг. В сухом веществе люцерны второго года жизни в эту же фазу содержится до 25% протеина, 3,6% жира. Облиственность – 72 – 75%.

В фазу цветения однолетняя разновидность люцерны ярового типа содержит в среднем (%): протеина 15, жира 3,0, клетчатки 30, БЭВ 29, золы 6 [2, 4].

Люцерна хмелевидная представляет ценность при использовании в качестве зеленого удобрения. За сезон формируется до 7 т/га сухого вещества надземной и корневой биомассы, в которой содержится 250 кг азота, в том числе 70 – 75% симбиотического, 50 кг фосфора и 230 кг калия, что равнозначно внесению 740 кг/га аммиачной селитры, 130 кг двойного суперфосфата и 380 кг хлористого калия. В корнях накапливается значительное количество микроэлементов (мк/кг): 87 – 90 марганца, 47 – 49 цинка, 8 – 10 меди, 5 – 7 магния, 0,1 – 0,2 йода. Корни и стебли содержат мало клетчатки (17 – 30%) и после запашки минерализуются на 60 – 80% в течение 30 – 45 дней. Основная масса корней (92 – 98%) сосредоточена на глубине 20 – 25 см. После запашки вся биомасса находится в пахотном горизонте. Дополнительный урожай пшеницы, выращенной по обороту пласта люцерны хмелевидной без применения минеральных удобрений, составляет в среднем 1,0 т/га [7, 8].

Селекция люцерны хмелевидной

Вышеперечисленные свойства люцерны хмелевидной свидетельствуют о её высокой хозяйственной ценности и целесообразности введения в культуру. Во ВНИИК им. В. Р. Вильямса с 1991 г. начата селекционная работа с этим видом люцерны. Селекция ведется в двух направлениях: создания сортов кормового типа для пастбищного использования и сортов сидератного типа.

Основные селектируемые признаки: урожайность кормовой массы и семян, отавность, зимостойкость, устойчивость к болезням, повышенный уровень биологической азотфиксации и фосфомобилизации. Селекция сортов сидератного типа включает отбор на высокую интенсивность роста сразу после появления всходов и накопление значительного количества минеральных веществ в корнях и надземной части растений.

Методы селекции: полиплоидия, мутагенез, генная трансформация, координированная селекция (создание и подбор комплементарных генотипов клубеньковых бактерий (*Sinorhizobium meliloti*), эндомикоризных грибов везикулярно-арбускулярного типа (ВАМ) и растений люцерны, отличающихся повышенной симбиотрофностью), оценка и отбор на селективных фонах. Из-за того, что люцерна хмелевидная – облигатный самоопылитель (опыление происходит в закрытом цветке), а также малых размеров цветков пока не разработаны способы искусственной гибридизации.

В качестве исходного материала использовали дикорастущие формы люцерны из Казахстана, Киргизии, степных районов Новосибирской обл., Памира, Армении, Беларуси, Литвы, Латвии, Польши, Германии, Псковской, Новгородской, Московской, Тверской областей и др.

При создании сортов люцерны пастбищного типа посев исходного и селекционного материала проводили в весенние и раннелетние сроки в смеси со злаковыми травами. Норма высева: тимофеевка луговая – 4, овсяница луговая – 6, люцерна хмелевидная – 20 кг/га семян в бобах, что соответствует 10 – 12 кг/га очищенных семян. Люцерну высевали в бобах для получения всходов в течение 2 – 3 лет без подсева. В год посева травостой один – два раза скашивали на сено, со второго года проводили выпас скота или имитацию выпаса (скашивание в фазу пастбищной спелости при высоте травостоя 25 – 30 см с последующим прикатыванием имитатором вытаптывания ИВ 1).

Широкий ареал *Medicago lupulina* обеспечивается за счет экотипического многообразия этого вида. В период с 1992 по 2007 г. изучено 174 коллекционных образца люцерны хмелевидной. Оказалось, что 44 из них относятся к разновидности *vulgaris,* 130 – к *perennans*.

Установлено, что яровые однолетние формы разновидности *vulgaris* отличаются скороспелостью. Продолжительность периода от всходов до начала цветения 30 – 50 сут, до начала созревания семян – 50 – 80 сут. Как правило, по морфологическим признакам они приближаются к ксерофитам и имеют мелкие и среднего размера листья со средним и сильным опушением. Растения не формируют розетки, обладают прямостоячими или полупрямостоячими сильноразветвленными стеблями, образующими ветви III – IV порядка. Высота стеблей – 20 – 45 см; кустистость очень низкая или низкая (4 – 15 стеблей на растение).

В условиях достаточного увлажнения в 1993, 1994, 1996, 1998 и 2001 гг. средняя урожайность сухого вещества яровых экотипов составила 2,3 – 4,4 т/га, урожай семян – 800 – 1100 кг/га. Содержание протеина в фазу цветения составило 19,7 – 20,1%.

В 1992, 1995, 1997 и 2002 гг. жаркая и сухая погода стала причиной снижения семенной продуктивности у большинства образцов до 10 – 170 кг/га, а сухого вещества кормовой массы до 0,3 – 0,5 т/га. Высокую устойчивость к засухе проявили дикорастущие образцы из Ставропольского края (к-16383), Азербайджана (к-22049), Казахстана (к-25734), Памира (к-173173). Урожай семян составил 280 – 470 кг/га, сухого вещества – 2,0 – 3,0 т/га.

Образцы интермедиального типа разновидности *perennans* – типичные мезофиты, имеют крупные листья со слабым опушением. После появления всходов формируют розетку высотой 8 – 12 см с многочисленными (20 – 60 см и более) побегами II порядка с укороченными междоузлиями. При благоприятных погодных условиях через 30 – 50 дней начинается интенсивный рост (5 – 9 см в сут) побегов II порядка, на них формируются соцветия и ветви III порядка. Длина побегов II порядка 45 – 80 см, иногда 100 см и более. Цветение наступает через 50 – 75 дней после появления всходов. Период цветения и плодоношения растянут. Одновременно в нижней части побега находятся созревшие семена, а в верхней – бутоны и цветки. При неблагоприятных погодных условиях (дефицит тепла, влаги) растения зимуют в фазе розетки, а генеративные побеги образуются на второй год жизни.

По морфологическим признакам и скороспелости дикорастущие образцы люцерны хмелевидной разновидности *perennans* можно разделить на две группы: скороспелые, из регионов с относительно континентальным климатом, и позднеспелые, из регионов с морским климатом. При ранневесеннем посеве первые через 130 – 145 дней формируют высокий урожай зрелых семян. Биологический урожай семян достигает 800 – 1800 кг/га. Урожай сухого вещества составляет 4,4 – 5,6 т/га, содержание протеина в фазу цветения 22,2 – 24,8%, зимостойкость 65 – 85%. В эту группу входят дикорастущие образцы из Московской, Ленинградской, Псковской, Новгородской, Тверской областей.

Экотипы из районов с влажным морским климатом (Дания, Англия, Германия, Польша, Прибалтика) имеют очень крупные слабоопушенные или неопушенные листья, в год посева формируют розетку из 15 – 40 побегов, при ранневесеннем посеве – единичные генеративные побеги. Урожайность сухого вещества в первый год жизни при благоприятных погодных условиях достигала 4,9 – 6,8 т/га, содержание протеина 22,6 – 24,0%. Семена в год посева не созревали. Зимостойкость 5 – 75%. На второй год жизни растения отрастали и зацветали, в зависимости от погодных условий, 15 мая – 10 июня. Полное созревание семян отмечалось 1–30 июня. Урожайность семян в годы исследований колебалась от 400 до 1330 кг/га. Данные формы представляют ценность для создания высокоурожайных сортов кормового типа.

С использованием мутагенеза и отборов наиболее продуктивных генотипов из дикорастущих образцов с крупными листочками создан селекционный материал люцерны хмелевидной лугопастбищного типа. По результатам оценки в селекционных и контрольных питомниках выделилось четыре перспективных номера: ВИК 8, ВИК 9, ВИК 26 и ВИК 256. Селекционные номера ВИК 8, ВИК 9 сформированы методом позитивного отбора высоко продуктивных генотипов из польской и немецкой дикорастущих популяций разновидности *perennans* (№ к-22169 и № к-41610 по каталогу ВИР).

Селекционные номера ВИК 26 (2n = 32) и ВИК 256 (2n = 16) созданы с использованием колхицинирования методом вакуум-инфильтрации дикорастущего образца из Московской обл., относящегося к разновидности *perennans* с мелкими листьями, короткими стеблями и низкой продуктивностью кормовой массы и семян. При формировании селекционного номера ВИК 256 в поколении C_0 отобрали диплоидные морфологически измененные растения с высоким процентом завязывания бобов (до 95%). В течение трех генераций были отобраны инбредные линии, отличающиеся высокой продуктивностью кормовой массы, семян, скороспелостью. В четвертом (I_4) и пятом (I_5) поколениях провели рекуррентный отбор по симбиотическим признакам. С этой целью в вегетационных опытах при выращивании на песчаной почве с низким содержанием азота были отобраны гомозиготные линии четвертого поколения (I_4), которые при инокуляции активными штаммами ризобий СХМ1 425а (получен из ВНИИСХМ) и ЛХ1 (выделен из клубеньков исходного дикорастущего образца люцерны хмелевидной) повысили продуктивность сухого вещества надземной биомассы на 72 – 160% по сравнению с вариантом без инокуляции, а содержание азота в сухом веществе возросло с 3,30% до 3,99 – 4,02%. Потомство линий четвертого поколения, отличающихся высокой эффективностью бобово-ризобиального симбиоза, объединили в одну популяцию, названную ВИК 256. Испытание симбиотических свойств, проведенное в полевых условиях, показало, что предпосевная бактеризация семян селекционного номера ВИК 256 штаммами СХМ1 412б и ЛХ1 увеличивала продуктивность надземной биомассы на 55 – 75%, семян – на 20 – 50%. Люцерно-ризобиальные комплексы за сезон накапливали 150 – 180 кг/га азота, в том числе симбиотического – не менее 105 – 135 кг/га [6, 9].

Вышеуказанные селекционные номера прошли оценку в трех циклах конкурсного сортоиспытания посева 1995 – 1997 гг. Материал испытывался при сенокосном использовании в составе травосмеси в течение двух лет пользования. Норма высева (кг/га): люцерна хмелевидная 10, овсяница луговая 6, тимофеевка луговая 4. Посев 15 – 25 мая. В год посева люцерна росла быстрее злаковых компонентов и преобладала в составе сухого вещества травосмесей. В среднем за три года испытаний сбор сухого вещества травосмеси в год посева был в пределах 6,64 – 8,32 т/га, а бобового компонента 6,14 – 7,85 т/га. На второй год пользования урожайность сухого вещества люцерны снизилась до 4,13 – 6,48 т/га, а травосмеси оставалась на уровне 6,37 – 8,16 т/га. Номер ВИК 9 обеспечил наиболее высокий сбор сухого вещества травосмеси в первый (8,32 т/га) и второй (8,16 т/га) годы пользования. Однако из-за сравнительно низкой зимостойкости (64%) этого номера содержание бобового компонента в травосмеси второго года пользования составило только 4,13 т/га.

Номер ВИК 256, с зимостойкостью 87%, на второй год позволил получить 6,48 т/га сухого вещества люцерны и 7,79 т/га сухого вещества травосмеси. В сумме за два года

пользования ВИК 256 обеспечил сбор 14,08 т/га сухого вещества люцерны, в котором содержалось 3,35 т/га сырого протеина. Урожайность селекционных номеров ВИК 9 и ВИК 8 за этот период составила 11,98 и 12,27 т/га [5].

В 1999 г. ВИК 256 был включен в Государственный реестр селекционных достижений, допущенных к использованию на всей территории Российской Федерации, под названием сорт Мира.

Отличительной особенностью люцерны хмелевидной от люцерны изменчивой и посевной является низкое содержание клетчатки (16,64 – 18,10% в фазу цветения, 21,74 – 26,50% в фазу созревания бобов), отсутствие лигнина, высокое содержание азота (3,5 – 4,5%), калия (2,25 – 4,96%), фосфора (0,30 – 0,58%) в надземной части растений и корнях. Нежные, сильно разветвленные стебли и корни люцерны хмелевидной минерализуются после запашки в течение 2 – 3 мес. Для полного разложения корней люцерны посевной, или изменчивой требуется около двух лет. Все вышеперечисленное делает люцерну хмелевидную одной из самых лучших сидератных культур.

Кроме того, у люцерны хмелевидной выявлена способность вступать в эффективный эндосимбиоз с грибами рода *Glomus*, образующими микоризу везикулярно-арбускулярного типа (ВАМ). ВАМ-грибы улучшают фосфорное питание растений, поглощение корнями воды и питательных веществ из почвы, усиливают фотосинтез и биологическую азотфиксацию, повышают устойчивость к стрессам. В результате растения люцерны хмелевидной за сравнительно короткий срок накапливают значительное количество сухого вещества с высоким содержанием минеральных веществ, в том числе азот и фосфор, ранее недоступные растениям. Эндомикоризные грибы, размножившиеся в корнях люцерны, после её запашки и минерализации заселяют корневые системы культур, выращиваемых вслед за люцерной. По данным М. Базилинской [1], микоризация растений в зоне умеренного климата повышает урожай зерновых на 10 – 15%.

При создании перспективного номера ВИК 32 сидератного типа особое внимание уделялось селекции по симбиотическим признакам. В течение трех генераций были отобраны гомозиготные линии, отличающиеся высокой эффективностью эндосимбиоза с микоризными грибами и ризобиями, быстрым ростом, высокой кустистостью и семенной продуктивностью, скороспелостью. Продолжительность периода от посева до созревания семян у перспективного номера ВИК 32 находится в пределах 92 – 115 дней. Средняя за три года испытаний (2005 – 2007 гг.) урожайность сухого вещества в фазу цветения составила 3,78 т/га в варианте без предпосевной бактеризации, а инокуляция активными штаммами ризобий повышала её до 4,57 – 4,78 т/га (эффективность симбиоза 21 – 26%). Средний урожай семян был 575 кг/га в контроле и 1080 – 1220 кг/га при инокуляции активными штаммами ризобий.

Сидератными свойствами обладает не только перспективный номер ВИК 32, но также и сорт люцерны хмелевидной лугопастбищного типа Мира. В октябре 2006 г. провели сравнительную оценку сорта Мира и сидератного номера ВИК 32 по их ценности при использовании в качестве зеленого удобрения. ВИК 32 посеяли 2 августа 2006 г. специально для использования в качестве зеленого удобрения. У сорта Мира испытывали отаву, сформировавшуюся после уборки травостоя второго года жизни на семена (22.07.06 г.) и на сено (второй укос 16.08.06 г.). На каждом из трех участков отобрали по 10 монолитов площадью 20 × 20 см, глубиной 35 см. Был проведен учет продуктивности сухого вещества надземной массы, корней и содержания в них минеральных веществ.

После уборки на семена растения люцерны сорта Мира отросли до высоты 64 – 77 см – и находились в фазе бутонизации. Высота отавы после двух циклов уборки на сено составляла 15 – 22 см. Длина растений люцерны ВИК 32 за 68 дней роста с момента появления полных всходов достигла 85 – 102 см, растения находились в фазе полного цветения. Содержание общего азота в сухом веществе люцерны хмелевидной, независимо от фазы развития, было высоким: 3,95 – 4,41% в надземной части и 3,16 – 3,97% – в корнях. Повышенным содержанием фосфора в надземной части (0,49%) и корнях (0,74%) обладал номер ВИК 32.

Для него характерно повышенное содержание в корнях не только фосфора, но также калия (3,80%) и кальция (2,07%). У сорта Мира содержание фосфора, калия и кальция в корнях составляло соответственно 0,32 – 0,40, 1,61 – 2,27 и 1,07 – 1,31%.

За 88 дней, прошедших после уборки семян до запашки травостоя люцерны хмелевидной сорта Мира, сформировалось 10,35 т/га сухого вещества, включающего 5,75 т/га стеблей с листьями и 4,60 т/га корней. После запашки всей биомассы в пахотном горизонте остается 373 кг/га общего азота, в том числе (кг/га): 280 биологического, 39 фосфора, 275 калия и 148 кальция.

После двукратного скашивания люцерны сорта Мира на сено за 63 дня прошедших со второго укоса до запахивания травостоя, сформировалось 3,48 т/га сухой биомассы, в том числе 1,86 т/га стеблей с листьями и 1,62 т/га корней. Накопление общего азота составило 148 кг/га, в том числе биологического 118 кг/га. Кроме того, в пахотном горизонте было закреплено 11 кг/га фосфора, 54 кг/га калия и 49 кг/га кальция.

Урожай яровой пшеницы, посеянной по обороту пласта люцерны хмелевидной, составил 3,86 т/га зерна и 8,85 т/га соломы. Вынос азота с урожаем – 123 кг/га. При посеве по чистому пару получили 2,80 т/га зерна, 6,90 т/га соломы, вынос азота 89 кг/га. В варианте с запахиванием отавы люцерны в почву поступило 118 кг/га биологического азота. Следовательно, на формирование биомассы пшеницы было использовано 5 кг/га почвенного азота, а в варианте с чистым паром вынос азота из почвы достиг 89 кг/га.

Сидератный номер ВИК 32, относящийся к быстрорастущей разновидности *vulgaris,* за 68 дней роста сформировал 7,71 т/га сухого вещества надземной биомассы и корней, в которых содержалось 240 кг/га биологического азота, 49 кг фосфора, 246 кг калия и 134 кг/га кальция.

Следует отметить, что значительное количество кальция (49 – 148 кг/га), собираемого люцерной хмелевидной в пахотном горизонте препятствует закислению почвы.

Литература

1. *Базилинская М.* Улучшение обеспечения растений макро- и микроэлементами за счет деятельности почвенных грибов. М. 1990. 51 с.
2. *Дохман Г. И.* Экспериментально-фитоценотические основы исследования злаково-бобовых сообитаний. М.: Наука, 1979. 198 с.
3. *Ларин И. В. и др.* Кормовые растения естественных сенокосов и пастбищ СССР. Л.: ВАСХНИЛ, 1937. С. 545–547.
4. *Медведев П. Ф., Сметанникова А. И.* Кормовые растения европейской части СССР (Справочник) Л.: Колос, 1981. 168 с.
5. *Степанова Г. В.* Хозяйственное использование люцерны хмелевидной // Селекция и семеноводство. М., 1998. № 3. С. 18–21.
6. *Степанова Г. В., Зятчина Г. П.* Селекция и интродукция люцерны хмелевидной с повышенной азотфиксирующей способностью // Экол.-попул. анализ кормовых раст. естественной флоры, интродукция и использование. Сыктывкар, 1999. С.186–188.
7. *Bauchan G. R., Sheaffer C. C.* Annual Medics and their use in Sustainable Agriculture Systems // Rep. of 34 North Amer. Alfalfa Improv. Conf. Guelph, Ontario, Canada, 1994. P. 9–11.
8. *Goldstein W., Gardner J.* Green Fallow systems in the Great Plains // Rep. of 34 North Amer. Alfalfa Improv. Conf. Guelph, Ontario, Canada, 1994. P. 3–6.
9. *Stepanova G. V., Atlakova E. N., Zatchina G. P.* The breeding *Medicago lupulina* L. for pasture and green manure // Rep. of 35 North Amer. Alfalfa Improv. Conf. Oklahoma City, 1996. 51 p.

НАСЛЕДОВАНИЕ АНАТОМИЧЕСКИХ ПРИЗНАКОВ СТРОЕНИЯ ПЕРВОГО ПРЕФЛОРАЛЬНОГО МЕЖДОУЗЛИЯ У ЯЧМЕНЯ

Г. Я. Степанюк, Л. Н. Ковригина, А. В. Заушинцена
ГОУ ВПО «Кемеровский государственный университет», г. Кемерово, Россия, e-mail: gstepanjuk@ngs.ru

Резюме

Авторами проведен анализ изменчивости наследования и наследуемости анатомических признаков строения первого префлорального междоузлия ячменя. Показано, что в их наследовании превалируют неаддитивные эффекты генов. Отборы по этим признакам рекомендовано проводить в более поздних поколениях. Выделены комбинации, перспективные для ранних отборов в селекции ячменя на устойчивость к полеганию. Предложены сорта – источники некоторых анатомических признаков устойчивости к полеганию.

INHERITANCE OF ANATOMIC SIGNS OF THE STRUCTURE OF FIRST PREFLORAL INTERNODE AT BARLEY

G. Ya. Stepanjuk, L. N. Kovrigina, A. V. Zaushintsena
The Kemerovo state university, Kemerovo, Russia, e-mail: gstepanjuk@ngs.ru

Abstract

Authors carry out the analysis of variability, inheritance and heritability of anatomic signs of a structure of the first prefloral internode barley. It is shown that in their inheritance not additive effects of genes prevail. Selections to these signs are recommended for spending in later generations. Perspective for early selections in barley selection combinations are allocated for stability to drowning. Grades – sources of some anatomic signs of stability to drowning are offered.

Введение

Известно, что одним из факторов, сдерживающих рост урожайности ячменя, является склонность его к полеганию в посевах. Потери от полегания в отдельные годы могут достигать 50 % [1, 7].

Наиболее рациональный способ решения этой проблемы – выведение сортов, адаптированных к условиям данного региона, сочетающих урожайность с устойчивостью к полеганию. Проблема создания таких сортов ячменя наиболее актуальна в условиях интенсивного земледелия, особенно в зонах с неустойчивым гидротермическим режимом [6].

Для эффективной селекции в этом направлении важен поиск новых селекционно – ценных генетических источников и доноров с высокой устойчивостью к полеганию, анализ ее генетической детерминации и расширение спектра наследственного потенциала по этому свойству [3].

Для подбора доноров вертикальной устойчивости растений важно учитывать анатомические признаки стебля [2].

Цель данной работы – изучить особенности изменчивости и наследования анатомических признаков стебля у ячменя на примере первого префлорального междоузлия.

Материалы и методы

Объекты исследования - 4 сорта ярового ячменя (из мировой коллекции ВНИИР им. Н. И. Вавилова): Brenda, Эльф, Баган, Неполегающий, а также гибриды первого и второго поколений, полученные в результате скрещиваний по полной диаллельной схеме.

Анатомическое строение соломины характеризовали на примере первого префлорального (в соответствии со схемой, предложенной Н. А. Ламаном с соавторами [4]) междоузлия по следующим признакам: диаметр и площадь междоузлия и полости, толщина и площадь стенки междоузлия, толщина, площадь, число слоев склеренхимы и паренхимы, число и площадь сосудисто – волокнистых пучков в склеренхиме и паренхиме.

Статистическую обработку данных проводили с помощью программы Statistica 5.5 (модули: «базовая статистика» и «двухфакторный дисперсионный анализ»). При генетическом анализе использовали программу «ДИАС 4×4», разработанную ведущим научным сотрудником СибНИИРС СО РАСХН, д. с.-х. н. П. И. Степочкиным на основе методических рекомендаций Р. А. Цильке и др. [5]. Годы исследований различались по гидротермическому режиму.

Обсуждение результатов

Анализ результатов исследования показал, что признаки анатомического строения первого префлорального междоузлия сильно зависят от условий вегетации растений (табл. 1). В большинстве изученных комбинаций отмечали снижение выраженности признаков в 2000 г.

Таблица 1. Признаки анатомического строения первого префлорального междоузлия у гибридов F_1, F_2 ячменя

Признак	Среднее значение по опыту			
	F_1		F_2	
	1999 г.	2000 г.	1999 г.	2000 г.
диаметр междоузлия	3,30	2,30	3,30	2,20
площадь междоузлия	8,90	4,50	9,20	3,90
диаметр полости	2,30	1,60	2,30	1,50
площадь полости	4,20	2,10	4,60	2,00
толщина стенки	0,52	0,38	0,46	0,34
площадь стенки	4,71	2,44	4,55	1,92
толщина склеренхимы	0,07	0,06	0,07	0,06
площадь склеренхимы	0,73	0,44	0,72	0,39
число слоев склеренхимы	4,40	3,70	4,40	3,40
толщина паренхимы	0,44	0,32	0,39	0,28
площадь паренхимы	3,33	1,64	3,08	1,21
число слоев паренхимы	7,40	6,90	6,70	5,90
число проводящих пучков	45,50	40,00	43,30	36,50
площадь проводящих пучков	0,61	0,41	0,56	0,38
число проводящих пучков в склеренхиме	16,70	15,00	16,40	12,80
площадь проводящих пучков в склеренхиме	0,08	0,05	0,08	0,04
число проводящих пучков в паренхиме	28,80	25,10	27,0	23,70
площадь проводящих пучков в паренхиме	0,52	0,36	0,48	0,33

Примечание: подчеркнуты значения признака, достоверно различающиеся по годам при $P \leq 0,05$.

Доля влияния генотипа на проявление каждого признака была также существенна и варьировала в пределах 2,28 – 27,99 % (табл. 2). Специфика реакции генотипов на условия среды заключалась больше в степени изменения показателей, чем в их направленности.

Для гибридов F_2 характерна более высокая специфика реакции на условия года по большинству признаков (площадь междоузлия, толщина и площадь стенки, склеренхимы, паренхимы, общее число и площадь проводящих пучков, а также число проводящих пучков внешнего и внутреннего кругов и площадь пучков в паренхиме), чем для комбинаций F_1.

Степень фенотипической изменчивости признаков определяли при помощи коэффициента вариации (табл. 3). Степень варьирования признаков в целом была высокой (CV > 20 %). Средней степенью изменчивости отличались диаметр междоузлия, толщина

склеренхимы, число проводящих пучков в паренхиме и в междоузлии в целом. Варьирование признаков «диаметр полости» и «число слоев склеренхимы» также было средним, но несколько усиливалось у гибридов F_2 в 2000 г. и 1999 г., соответственно. Толщина стенки, число слоев паренхимы и число проводящих пучков в склеренхиме характеризовались средней степенью изменчивости у гибридов F_1, F_2 только в 1999 г., а толщина паренхимы – в 1999 г. лишь у гибридов первого поколения.

Таблица 2. Доля влияния факторов (%) на анатомические признаки стебля у гибридов F_1 ячменя

Признак	Факторы					
	генотип		условия года		взаимодействие факторов	
	F_1	F_2	F_1	F_2	F_1	F_2
диаметр междоузлия	6,82*	6,89*	30,35*	31,38*	7,93*	4,20*
площадь междоузлия	8,09*	9,68*	33,92*	43,81*	7,66*	10,54*
диаметр полости	14,21*	11,28*	18,33*	28,51*	10,54*	5,38*
площадь полости	11,95*	11,30*	21,93*	37,39*	11,40*	9,43*
толщина стенки	12,25*	4,26*	16,01*	10,65*	3,56*	6,39*
площадь стенки	6,05*	7,77*	34,94*	40,15*	3,45*	14,88*
толщина склеренхимы	2,28*	11,81*	7,13*	10,06*	4,57*	4,67*
площадь склеренхимы	7,89*	7,56*	28,62*	35,51*	3,93*	5,79*
число слоев склеренхимы	13,94*	3,80*	9,63*	9,55*	13,12*	5,30*
толщина паренхимы	10,01*	4,81*	14,67*	9,40*	3,09*	6,60*
площадь паренхимы	4,37*	6,40*	31,64*	41,24*	2,96*	7,52*
число слоев паренхимы	14,96*	3,05*	1,03*	1,60*	4,06*	4,05*
общее число проводящих пучков	16,84*	5,90*	7,63*	14,62*	4,91*	6,93*
общая площадь проводящих пучков	14,72*	9,13*	21,66*	23,29*	6,94*	7,75*
число проводящих пучков в склеренхиме	20,91*	8,25*	2,47*	12,75*	2,21*	4,49*
площадь проводящих пучков в склеренхиме	27,99*	16,32*	15,26*	20,42*	19,75*	13,44*
число проводящих пучков в паренхиме	13,81*	8,81*	9,09*	8,72*	7,14*	11,83*
площадь проводящих пучков в паренхиме	12,61*	8,15*	19,77*	20,16*	5,84*	8,42*

Примечание: * - достоверно при $P \leq 0,05$.

Таблица 3. Фенотипическая изменчивость признаков анатомического строения первого префлорального междоузлия у гибридов F_1, F_2 ячменя

Признак	Коэффициент вариации (CV, %)			
	F_1		F_2	
	1999 г.	2000 г.	1999 г.	2000 г.
диаметр междоузлия	14,2	15,3	15,28	19,99
площадь междоузлия	25,4	29,3	25,6	32,2
диаметр полости	17,7	18,1	18,0	23,2
площадь полости	33,0	36,3	30,7	36,8
толщина стенки	17,5	23,0	20,0	28,6
площадь стенки	24,5	31,3	26,4	36,4
толщина склеренхимы	14,2	14,8	16,0	14,8

площадь склеренхимы	23,4	23,8	21,6	29,5
число слоев склеренхимы	11,0	16,7	22,1	14,2
толщина паренхимы	18,4	25,9	22,3	33,0
площадь паренхимы	27,6	38,7	29,6	48,3
число слоев паренхимы	16,4	23,5	18,2	28,4
число проводящих пучков	11,7	12,8	12,1	13,3
площадь проводящих пучков	20,6	23,3	21,5	22,5
число проводящих пучков в склеренхиме	14,8	20,2	16,7	22,5
площадь проводящих пучков в склеренхиме	25,8	26,4	30,1	27,2
число проводящих пучков в паренхиме	12,9	11,8	12,9	12,1
площадь проводящих пучков в паренхиме	21,0	22,7	22,1	23,4

В характере наследования изучаемых признаков были выявлены различные типы (табл.4).

Таблица 4. Характер наследования анатомических признаков стебля у гибридов F_1 ячменя

Признак	Год	Тип наследования						
		СД	ПД+	НД+	ПН	НД-	ПД-	ГД
диаметр междоузлия	1999	66,7	0,0	16,7	16,7	0,0	0,0	0,0
	2000	0,0	8,3	0,0	16,7	0,0	0,0	75,0
площадь междоузлия	1999	83,3	8,3	0,0	8,3	0,0	0,0	0,0
	2000	0,0	0,0	0,0	8,3	16,7	8,3	66,7
диаметр полости	1999	50,0	8,3	0,0	8,3	16,7	0,0	16,7
	2000	8,3	0,0	0,0	8,3	8,3	0,0	75,0
площадь полости	1999	58,3	0,0	8,3	0,0	16,7	0,0	16,7
	2000	0,0	0,0	8,3	16,7	0,0	0,0	75,0
толщина стенки	1999	83,3	8,3	8,3	0,0	0,0	0,0	0,0
	2000	83,3	8,3	0,0	0,0	0,0	0,0	8,3
площадь стенки	1999	100,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
	2000	33,3	0,0	16,7	8,3	8,3	0,0	33,3
толщина склеренхимы	1999	58,3	0,0	8,3	0,0	0,0	0,0	33,3
	2000	8,3	8,3	0,0	50,0	8,3	0,0	25,0
площадь склеренхимы	1999	83,3	8,3	0,0	8,3	0,0	0,0	0,0
	2000	41,7	0,0	0,0	16,7	0,0	0,0	41,7
число слоев склеренхимы	1999	91,7	0,0	0,0	8,3	0,0	0,0	0,0
	2000	33,3	0,0	0,0	25,0	8,3	8,3	25,0
толщина паренхимы	1999	83,3	8,3	8,3	0,0	0,0	0,0	0,0
	2000	66,7	0,0	0,0	8,3	0,0	0,0	25,0
площадь паренхимы	1999	100,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
	2000	16,7	0,0	25,0	16,7	8,3	0,0	33,3
число слоев паренхимы	1999	100,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
	2000	50,0	0,0	16,7	16,7	0,0	0,0	16,7
число проводящих	1999	91,7	0,0	8,3	0,0	0,0	0,0	0,0

Признак	Год	Тип наследования						
		СД	ПД+	НД+	ПН	НД-	ПД-	ГД
пучков	2000	25,0	0,0	8,3	0,0	16,7	0,0	50,0
площадь проводящих пучков	1999	100,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
	2000	83,3	0,0	0,0	8,3	0,0	0,0	8,3
число проводящих пучков в склеренхиме	1999	50,0	0,0	0,0	33,3	8,3	0,0	8,3
	2000	41,7	16,7	8,3	25,0	0,0	0,0	8,3
площадь проводящих пучков в склеренхиме	1999	83,3	0,0	0,0	8,3	8,3	0,0	0,0
	2000	25,0	0,0	8,3	33,3	16,7	0,0	16,7
число проводящих пучков в паренхиме	1999	100,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
	2000	0,0	0,0	0,0	25,0	8,3	0,0	66,7
площадь проводящих пучков в паренхиме	1999	100,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
	2000	83,3	0,0	0,0	8,3	0,0	0,0	8,3

Примечание: СД – сверхдоминирование; ПД+/- - полное доминирование родителя с максимальной / минимальной выраженностью признака НД+/- - неполное доминирование родителя с максимальной / минимальной выраженностью признака; ПН – промежуточное наследование; ГД – гибридная депрессия.

При этом у большинства гибридов F_1 по толщине и площади стенки, основной ткани в ней, числу слоев склеренхимы и паренхимы, площади проводящих пучков в паренхиме и всей проводящей ткани в междоузлии отмечено сверхдоминирование, а у других признаков в зависимости от погодных условий помимо сверхдоминирования преобладало промежуточное наследование (толщина склеренхимы, число и площадь проводящих пучков в склеренхиме) или гибридная депрессия (диаметр и площадь междоузлия, полости в нем, площадь механической ткани, число проводящих пучков в паренхиме и общее их число в междоузлии).

Результаты диаллельного анализа показали, что в наследовании большинства изучаемых признаков ведущую роль играют неаддитивные эффекты генов. В детерминации числа и площади проводящих пучков в склеренхиме, в междоузлии и площади проводящих пучков в паренхиме существенное значение имеют гены с аддитивным и неаддитивным действием, эффекты которых зависят от условий года (табл. 5). Существенное влияние на изменчивость признаков оказывают гены цитоплазмы. По диаметру и площади междоузлия, площади полости и площади проводящих пучков в паренхиме реципрокный эффект (РЭ) в 2000 г. был выражен меньше, чем в предыдущем, что свидетельствует об ослаблении роли плазменных генов в передаче наследственной информации в этом году. По диаметру полости в 2000 г., наоборот, роль цитоплазматических генов увеличивалась.

Таблица 5. Источники генетической изменчивости признаков анатомического строения первого префлорального междоузлия

Признак	ОКС		СКС		РЭ	
	1999 г.	2000 г.	1999 г.	2000 г.	1999 г.	2000 г.
диаметр междоузлия	5,4*	22,6*	66,8*	52,4*	27,8*	25,0*
площадь междоузлия	6,0*	13,9*	64,6*	73,5*	29,4*	12,6*
диаметр полости	5,9*	9,3*	63,8*	54,5*	30,3*	36,2*
площадь полости	6,9*	13,2*	59,3*	56,8*	33,8*	30,0*
толщина стенки	7,1*	8,5	68,8*	58,9*	24,1*	32,5
площадь стенки	8,0	55,2	71,5*	29,9	20,5*	14,9
толщина склеренхимы	26,3*	38,7*	58,5*	43,7*	15,2*	17,6
площадь склеренхимы	11,4*	13,5	60,2*	69,6*	28,4*	16,9
число слоев склеренхимы	36,0*	13,5	53,2*	48,6*	10,8*	37,9

толщина паренхимы	7,2*	7,0	67,5*	61,1*	25,3*	31,9
площадь паренхимы	3,3	33,7	76,5*	39,7	20,2*	26,6
число слоев паренхимы	11,1*	19,1	62,2*	51,9*	26,7*	29,0
общее число проводящих пучков	12,4*	43,2*	68,3*	39,5*	19,3*	17,3
общая площадь проводящих пучков	4,7*	38,4*	68,6*	47,5*	26,6*	14,0
число проводящих пучков в склеренхиме	14,5*	72,5*	55,3*	20,9*	30,2*	6,6
площадь проводящих пучков в склеренхиме	15,8*	43,7*	52,4*	44,0*	31,8*	12,3
число проводящих пучков в паренхиме	14,9*	10,7	72,1*	72,7*	13,1*	16,7
площадь проводящих пучков в паренхиме	2,7	37,5*	71,9*	47,8*	25,4*	14,7*

Примечание: * - достоверно при $P \leq 0,05$.

Сложная система генетического контроля изученных признаков предполагает в целом проведение отборов ценных рекомбинантов в более поздних поколениях, когда большинство аллелей перейдут в гомозиготное состояние. Однако анализ степени наследуемости признаков и уровня трансгрессий у гибридов F_2 позволил выделить комбинации, перспективные для отборов в ранних расщепляющихся поколениях по шести показателям: по диаметру междоузлия (Brenda×Неполегающий, Неполегающий×Brenda, Эльф×Неполегающий); диаметру полости (Brenda×Эльф); толщина стенки (Эльф×Неполегающий); площадь проводящих пучков в склеренхиме (Brenda×Неполегающий, Неполегающий×Brenda); площадь проводящих пучков в паренхиме (Эльф×Баган); общая площадь проводящих пучков в междоузлии (Неполегающий×Brenda, Баган×Эльф, Эльф×Баган). В перечисленных комбинациях оптимальное сочетание выраженности признаков с генетическими характеристиками было стабильным в меняющихся условиях среды (табл. 6). По остальным признакам среди изученного гибридного материала не выявлено комбинаций, перспективных для отборов в ранних поколениях, так как в проявлении наследования, наследуемости и положительных трансгрессий не наблюдалось стабильности по годам.

Анализ комбинационной способности сортов позволил выявить ценные компоненты для гибридизации только по пяти признакам (табл. 7).

Таблица 6. Генетическая характеристика комбинации, перспективных для отборов в ранних расщепляющихся поколениях

Признак	Комбинация	Год	M ± m		h^2	Трансгрессии	
			F_1	F_2		уровень	частота
диаметр междоузлия	Br×H	1999	3,40± 0,090	4,10 ± 0,160	81,8	32,1	57,1
		2000	2,50± 0,050	2,40 ± 0,050	83,8	88,6	5,9
	H×Br	1999	3,40± 0,190	3,70 ± 0,120	84,0	67,6	61,5
		2000	2,30± 0,040	2,00 ± 0,030	64,5	24,3	1,6
	Э×H	1999	2,80± 0,250	3,20 ± 0,100	59,1	-	-
		2000	2,60± 0,040	2,10 ± 0,040	58,9	-	-
диаметр полости	Br×Э	1999	2,20± 0,070	2,00 ± 0,080	56,4	5,1	2,0
		2000	1,20± 0,050	1,40± 0,020	60,8	93,0	40,9
толщина стенки	Э×H	1999	0,52 ± 0,026	0,46 ± 0,033	89,5	8,6	42,1
		2000	0,39 ± 0,009	0,35 ± 0,009	64,0	44,1	1,7
площадь проводящих пучков в склеренхиме	Br×H	1999	0,09 ± 0,005	0,11 ± 0,006	79,0	114,3	100,0
		2000	0,05 ± 0,003	0,05 ± 0,001	71,5	200,0	14,2

Признак	Комби-нация	Год	M ± m		h^2	Трансгрессии	
			F_1	F_2		уровень	частота
площадь проводящих пучков в склеренхиме	Н×Br	1999	0,09 ± 0,009	0,11 ± 0,006	86,6	157,1	76,9
		2000	0,05 ± 0,002	0,05 ± 0,001	52,8	80,0	12,2
площадь проводящих пучков в паренхиме	Э×Б	1999	0,45 ± 0,015	0,52 ± 0,014	63,5	29,1	28,6
		2000	0,38 ± 0,010	0,36 ± 0,009	62,4	51,2	22,0
общая площадь проводящих пучков	Н×Br	1999	0,62 ± 0,051	0,61 ± 0,027	74,9	40,0	23,1
		2000	0,32 ± 0,010	0,38 ± 0,005	37,5	22,4	1,6
	Б×Э	1999	0,60 ± 0,042	0,57 ± 0,014	67,5	25,8	30,6
		2000	0,45 ± 0,009	0,54 ± 0,015	54,3	73,3	82,1
	Э×Б	1999	0,50 ± 0,016	0,57 ± 0,014	73,1	25,8	22,9
		2000	0,42 ± 0,010	0,41 ± 0,010	63,0	57,8	26,4

Примечание: Br – Brenda, Б – Баган, Э – Эльф, Н – Неполегающий; M – среднее значение признака, m – стандартная ошибка.

Таблица 7. Эффекты ОКС и вариансы СКС сортов ячменя по признакам анатомического строения первого префлорального междоузлия

Признак	Год	Сорт							
		Эльф		Brenda		Баган		Неполегающий	
		ОКС	СКС	ОКС	СКС	ОКС	СКС	ОКС	СКС
толщина скл	1999	0,002*	0,00002	0,002*	0,00002	–0,003*	0,00001	–0,001	0,002
	2000	0,003*	0,00001	0,002*	0,000004	–0,001	0,00001	–0,003*	0,000001
число слоев пар	1999	0,561*	0,689*	0,061	0,362*	–0,294*	0,163*	–0,327*	0,224*
	2000	0,360*	0,161	0,114	0,151	–0,335*	0,091	–0,139	0,021
число п п в скл	1999	0,796*	0,857*	–0,764*	0,172	–0,654*	1,400*	0,623*	1,757*
	2000	1,055*	0,935*	–1,681*	0,338	–1,549*	0,657*	2,175*	0,502*
площадь п п в скл	1999	0,007*	0,0002	0,006*	0,0001	–0,015*	0,00001	0,002	0,0001
	2000	0,006*	0,00004	0,002*	0,00003	–0,005*	0,00002	–0,003	0,00001
общее число п п	1999	1,201*	6,931*	0,006	4,019*	–2,318*	3,957*	1,112*	12,799*
	2000	0,945*	2,231*	–1,411*	0,590	–0,979*	1,027*	1,446*	2,677*

Примечание: * – достоверно при $P \leq 0,05$; скл – склеренхима, пар – паренхима, п п – проводящие пучки.

Сорта Эльф и Brenda способны передавать потомству широкое кольцо механической ткани, повышенную площадь проводящих пучков в склеренхиме; Эльф и Неполегающий – большое число сосудисто – волокнистых пучков в склеренхиме и во всем междоузлии; сорт Эльф может быть надежным источником большего числа слоев паренхимы. В остальных случаях такой прогноз затруднен в связи с недостоверностью результатов или варьированием оценок комбинационной способности у сортов по годам.

Заключение

Таким образом, в наследовании анатомических признаков первого префлорального междоузлия ячменя превалируют неаддитивные эффекты генов. Степень выраженности и характер наследования признаков в значительной мере зависит от условий вегетации.

Характер наследования признаков в целом ограничивает отборы ценных генотипов в ранних поколениях. Перспективными для отборов в ранних расщепляющихся поколениях среди изученного гибридного материала являются комбинации Н×Br (по диаметру междоузлия, площади проводящих пучков в склеренхиме, общей площади проводящих пучков); Br×Н (по диаметру междоузлия, площади проводящих пучков в склеренхиме) Э×Н (по диаметру междоузлия и толщине его стенки); Br×Э (по диаметру междоузлия); Э×Б (по площади проводящих пучков в паренхиме и общей площади проводящей ткани в междоузлии).

Перечисленные закономерности важно учитывать при планировании селекционного процесса с целью выведения устойчивых к полеганию сортов ячменя.

Литература

1. *Голова Т. Г.* Создание исходного материала при селекции ярового ячменя на неполегаемость и продуктивность в условиях Центрально-Черноземной полосы: автореф. дис. … канд. с.-х. наук / Т. Г. Голова. – Немчиновка, 1992. – 23 с.
2. *Заушинцена А. В.* Генетические характеристики анатомических признаков соломины у ячменя в связи с устойчивостью к полеганию / А. В. Заушинцена, Л. Н. Ковригина, Г. Я. Степанюк // Повышение устойчивости и эффективности агропромышленного производства в Сибири: наука, техника, практика: сб. мат-лов междунар. науч.-практ. конф. – Кемерово, 2004. С. 86–89.
3. *Заушинцена А. В.* Изменчивость отдельных элементов вегетативной сферы побегов у ячменя / А. В. Заушинцена, Л. Н. Ковригина // Селекция, семеноводство и технология возделывания сельскохозяйственных культур: сб. науч. тр. КемНИИСХ РАСХН. – Кемерово, 2001. – С. 35–43.
4. *Ламан Н. А.* Биологический потенциал ячменя: Устойчивость к полеганию и продуктивность / Н. А. Ламан, Н. Н. Стасенко, С. А. Каллер. – Минск: Наука и техника, 1984. – 216 с.
5. Методика диаллельного анализа исходного материала по количественным признакам / Р. А. Цильке, Л. П. Присяжная, С. А. Садыкова и др. – Омск, 1976. – 24 с.
6. *Пасечнюк А. Д.* Методические указания по составлению прогноза интенсивности полегания посевов ячменя (в Нечерноземной зоне европейской территории РСФСР) / А. Д. Пасечнюк. – М.: Моск. отд. Гидрометеоиздата, 1980. – 12 с.
7. *Jeżowski S.* Diallel analysis of characters determining lodging resistance of barley (Hordeum vulgare L.). 1. An estimate of parental forms and F1 hybrids regarding morphological and physical characters of the stem / S. Jeżowski, M. Surma, T. Adamski // Genet. polon. – 1987. – Vol. 28, № 4. – S. 333–340.

ГЕНЕТИЧЕСКИЕ РЕСУРСЫ ЯРОВОГО ЯЧМЕНЯ СИБИРСКОЙ СЕЛЕКЦИИ

Н. А. Сурин, Н. В. Зобова, Н. Е. Ляхова

ГНУ Красноярский научно-исследовательский институт сельского хозяйства СО РАСХН, Красноярск, Россия, e-mail: zobovnat@mail.ru

Резюме

Охарактеризован потенциал генетических ресурсов ярового ячменя сибирской селекции по разнообразию, продуктивности и экологической устойчивости, предложены пути его контроля и повышения с использованием разносторонних методов традиционной селекции, с применением генетических маркеров и культуры изолированных тканей растений.

GENETIC RESOURCES OF SPRING BURLEY SELECTED IN SIBERIA

N. A. Surin, N. V. Zobova, N. E. Lyahova

State scientific institute Krasnoyarsk research institute of an agriculture of Siberian branch of Russian Academy of Agriculture, Krasnoyarsk, Russia, e-mail: zobovnat@mail.ru

Abstract

Diversity, crop-producing power and ecological stability potential of genetic resources of the spring burley selected in Siberia has been defined. The ways of this potential monitoring and enhancement by using different traditional selection methods, genetic markers and plant cell culture methods have been described.

Ячмень относится к числу наиболее распространенных культур в Сибири. При ранних сроках посева ячмень обеспечивает получение сырья для пищевой промышленности и высококачественного фуражного зерна, при поздних – позволяет эффективно бороться с сорной растительностью. Значительные площади посевов ячменя используются на зернофураж и монокорм. С созданием пивоваренных сортов в научных учреждениях Западной Сибири, появляется реальная возможность создания собственной сырьевой базы для пивоваренной промышленности.

За последние 40 лет в Сибири создано более 50 новых сортов ярового ячменя. В их числе первые селекционные сорта с гладкими остями, голозерные, устойчивые к наиболее распространенным эпифитотиям. Преобладающая часть сортов сибирской селекции уникальна по своей продуктивности и приспособленности к местным условиям. Такие качества сибирских сортов ячменя обеспечили широкое их распространение в регионе. К примеру, если в 1981 году сортами сибирской селекции было занято только 21% площади посева ячменя в Сибири, то уже в 1991 году – 88%, а в настоящее время – 100%. Не только по посевным площадям, но и по набору районированных сортов очевидно преимущество сибирской селекции в регионе (табл.1).

Динамичное развитие селекции ячменя в этом регионе связано, прежде всего, с интенсивным изучением и использованием исходного материала из коллекции ВИР. За последние 40 лет научными учреждениями Сибири было изучено свыше 10 тыс. образцов практически из всех регионов СНГ и зарубежных стран. Решающую роль в этом сыграл ВИР. Интенсивное изучение коллекции растительных ресурсов в Сибири было начато в 1959 году, когда на Новосибирскую государственную сельскохозяйственную опытную станцию МСХ СССР была возложена работа по размножению и изучению коллекции ВИР им. Н.И. Вавилова. В 1972 г. на базе станции основан филиал ВИР. Одновременно в каждом селекцентре Сибири образованы опорные пункты ВИР. С их организацией создан поистине прочный фундамент для селекции. Данный этап ознаменован всплеском селекционных достижений в Сибири.

В своих работах Н.И. Вавилов неоднократно указывал на первостепенное значение местного исходного материала в селекции полевых культур. Приступая к селекции, отмечал Н.И. Вавилов, прежде всего надо максимально использовать местный материал, как наиболее приспособленный к условиям произрастания. При этом Н.И. Вавилов (1935) обращал особое внимание селекционеров на ценность для селекции Восточно-Сибирского сортимента, прошедшего длительную эволюцию в экстремальных условиях. На ценность использования в селекции местного исходного материала указывали еще П.Ф. Гаркавый (1973), А.Я. Трофимовская (1972), Schmidt et. al. (1970) и другие. Р.А. Цильке (2003) вполне справедливо отмечает, что для повышения эффективности гибридизации один из компонентов скрещиваний должен содержать значительную долю здоровой плазмы местных экотипов. Следует отметить, что из 50 гибридных сортов в Сибири, созданных сибирскими селекционерами, более половины были получены с участием местных сортов.

Таблица 1. Сорта ярового ячменя, районированные в настоящее время в некоторых регионах Сибири.

№ п/п	Омская область	Новосибирская область	Красноярский край
1	Сигнал	Ранний 1	Андрей
2	Золотник	Одесский 100	Кедр
3	Омский 86	Одесский 115	Красноярский 80

4	Омский 87	Прерия	Соболёк
5	Омский 88	Новосибирский 80	Вулкан
6	Омский 90	Баган	Бахус
7	Омский 89	Ача	Ача
8	Омский 91	Сигнал	Новосибирский 80
9	Омский голозерный 1	Золотник	Оскар
10	Омский голозерный 2	Омский 87	
11		Омский 90	
12		Омский 88	

Достоинством местного исходного материала ячменя Сибири является их способность формировать стабильные показатели элементов продуктивности по годам при сохранении короткого вегетационного периода, что свидетельствует об их высокой экологической пластичности. Согласно исследованиям Красноярского НИИСХ такая пластичность обусловлена гетерогенной структурой местных сортов-популяций Сибири, подтвержденной изучением полиморфизма спектров гордеинов [2, 3, 4, 14]. Так, около половины сортообразцов ячменя стародавней селекции гетерогенны по блокам гордеинов и имеют по два и три биотипа; современные сорта более однородны. Разнообразие аллельных вариантов гордеинов у стародавних форм также выше по сравнению с современными, особенно по блоку HrdB. Это свидетельствует о снижении генетического разнообразия у сортов современной селекции.

В процессе селекции выявлена повышенная выносливость местных ячменей к кислым почвам и толерантность к гельминтоспориозно-фузариозным заболеваниям. Вместе с тем общим недостатком местных ячменей Сибири является их слабая устойчивость к полеганию и пониканию колоса, сильная восприимчивость к поражению пыльной головней [8]. Главное внимание в процессе селекции уделено устранению узких мест в генетической основе староместных ячменей за счет включения в гибридизацию более совершенных современных сортов. Отбор растений, не отличающихся по фенотипу с местными образцами, но с измененными одним - тремя признаками, как правило, приводил к положительным результатам. С использованием такого подхода на основе сорта Червонец созданы такие сорта как Агул, Агул 2, Рассвет, Енисей, Соболек. Из двурядных ячменей с участием сортов Винер и Омский 13709 созданы высокопродуктивные сорта Кедр, Сибирский 2, Новоомский, Омский 80, Новосибирский 80, Баган, Сигнал.

С использованием при гибридизации сорта Винер в качестве материнской формы в Красноярском НИИСХ осуществлена программа, суть которой заключается в объединении в одном генотипе плазмы сортов, получивших широкое распространение в годы их районирования – Целинного 5, Донецкого 650, Красноуфимского 95, Омского 13709. С использованием конвергентных скрещиваний и отборов линий на жестком провокационном фоне по обеспеченности питательными веществами и влагой создан адаптивный селекционный материал [10, 11]. Лучшие линии, выделенные от таких скрещиваний по паровым предшественникам, практически не уступали по урожаю стандартному сорту интенсивного типа Красноярскому 80, но превышали его при размещении по непаровому предшественнику (4–5 культура после пара) на 27,0–31,3%. По нашему мнению линии более эффективно используют биоклиматические ресурсы региона за счет интенсивного развития корневой системы, более экономной работы устьичного аппарата, повышенной выносливости к засухе и эффективного расходования небольших запасов питательных веществ почвы. Во время проявления сильной эпифитотии листовых болезней (2002 г.) адаптивные линии Ф-24-1483, У-20-706 с родословной – [(Винер×Омский 13709) × (Винер × Донецкий 650)], Е-19-6415, Е-19-6411 с родословной – [(Винер×Красноуфимский 95) ×

(Винер × Донецкий 650)] ×Ача, превысили в конкурсном сортоиспытании стандартный сорт Красноярский 80 на 25,1–58,6%. Одна из адаптивных линий под сортовым названием Бахус в 2004 году включена в Госреестр РФ по 11 региону.

От скрещивания отдельных адаптивных сортов (Бахус) и линий с сортами (Ача) и селекционными линиями (Г-15910) СибНИИРС созданы высокоурожайные номера с родословной (Бахус × Ача), (Ача × Бахус) (табл. 2), (Бахус × Г-15910), превышающие за последние 2 года в конкурсном сортоиспытании стандартный сорт Красноярский 80 на 35,0-44,3%.

Таблица 2. Характеристика высокопродуктивных адаптивных линий ячменя

Сорт, линия	Происхождение	Урожай, ц/га			
		КП, 2007	КСИ, 2008	Средн.	± к ст-ту
Красноярский 80 (стандарт)	С-80 × Уна	38,3	35,4	36,8	0
Р-70-2481	Бахус×Ача	49,3	45,7	47,5	+10,7
Р-71-2491	Ача×Бахус	45,0	44,3	44,6	+7,8
Р-71-2495	Ача×Бахус	45,1	44,0	44,6	+7,8
Бахус	(Винер×Донецкий 650) × (Винер×Красноуфимский 95)	32,1	33,8	33,0	-3,8
$НСР_{5\%}$		1,6			

В селекции на засухоустойчивость и продуктивность создана целая серия засухоустойчивых сортов: в СибНИИСХ – Сибирский 2, Новоомский, Омский 80, и на их основе – Омский 87, Омский 88, Омский 89, Омский 90 и другие; в СибНИИРС – Новосибирский 80, Баган, Сигнал, а на основе сортов Омский 86, Новосибирский 80 и Баган – сорт Золотник (АНИЗиС и СибНИИРС).

Комплексной устойчивостью к поражению головневыми болезнями и корневыми гнилями характеризуется сорт Баган (СибНИИРС), а сорта Сибирский 3 и Омский 91 могут быть использованы как источники устойчивости к пыльной головне. Сорт Альянс (НИИСХ Северного Зауралья и СибНИИРС) характеризуется устойчивостью к твердой головне. Высоким потенциалом урожайности характеризуются сорта Симон, созданный с участием сорта Баган, и сорт Биом селекции СибНИИРС.

Впервые в сибирском регионе созданы пивоваренные сорта Омский 90 (СибНИИСХ), Ача (СибНИИРС) и Сигнал (АНИЗиС и СибНИИРС), а также сорта голозерного ячменя – Омский голозерный 1, Омский голозерный 2 (СибНИИСХ), Оскар (КНИИСХ).

Развитием идей Н.И. Вавилова на современном этапе мы считаем сохранение и углубленное изучение современного селекционного материала, выделяющегося максимальными показателями элементов продуктивности, но не ставших сортами из-за того, что не показали своих преимуществ по урожаю перед стандартными сортами.

Несмотря на то, что на их создание были затрачены годы работы и значительные финансовые издержки, они бесследно исчезают. Впервые в Красноярском НИИСХ создан банк таких линий, созданных селекционными центрами Сибири (АНИЗиС, СибНИИСХ, СибНИИРС, Кемеровского НИИСХ, Красноярского НИИСХ, Тулунской ГСС, Бурятского НИИСХ, Якутского НИИСХ). Изучено более 170 образцов по отдельным селекционным признакам в условиях Красноярского края. Проведена их паспортизация по спектрам гордеинов. Выделены формы, отличающиеся крупнозёрностью, повышенной озерненностью главного колоса, высоким коэффициентом продуктивного кущения, повышенным

содержанием белка в зерне, высокой продуктивностью. Главная ценность этих сортообразцов заключается, прежде всего, в высокой приспособленности к местным условиям.

Задача повышения адаптивного потенциала растений может быть решена на основе увеличения генетического разнообразия селекционных сортов, что можно достичь, используя методы генетики и биотехнологии, которые позволяют, как регистрировать и корректировать полиморфизм, так и расширять диапазон изменчивости используемых в качестве исходных форм и создаваемых генотипов с целью формирования материала с новыми признаками и свойствами. Основу этих работ составляют электрофоретические методы фракционирования белков и культура изолированных тканей в сочетании с селективными средами, дающая возможность их ускоренного генетического улучшения. В этом направлении, во-первых, нами проведена работа по изучению состава запасных белков ячменя. Осуществлена оценка генетического полиморфизма ячменя сибирского региона (стародавних и современных сортов, селекционных форм, включающих как наиболее перспективные, так и забракованные формы) по электрофоретическим спектрам гордеинов, составлен каталог генетических формул, который содержит сведения по спектрам гордеинов более 500 форм. Изучена адаптивная и селекционная ценность аллельных вариантов блоков гордеинов [4, 14], отмечены географические особенности генетического разнообразия ячменей этого региона [2, 14]. Наблюдения выявленных гетерогенных сортов в пространстве и во времени обнаружили значительные изменения их биотипного состава по годам и его зависимость от места репродукции [14], что определяет необходимость учета этого процесса в селекции и районировании сортов для обеспечения биоресурсной безопасности.

Путем сравнения полевой продуктивности биотипов, характеризующихся разными вариантами спектров гордеинов, показана роль меж- и внутрисортового полиморфизма гордеинов в формировании адаптивных свойств ярового ячменя в условиях региона и возможность его использования при создании сортов–популяций [3, 14]. Установлены взаимосвязи вариантов блоков гордеинов наиболее распространенных в Сибири генотипов с хозяйственно-ценными признаками (продуктивность, уровень белка в зерне, экстрактивность, устойчивость к пыльной и твердой головне) [14].

Во-вторых, с использованием биотехнологических методов в культуре незрелых зародышей на селективных средах in vitro созданы соле- и кислотоустойчивые формы ярового ячменя [7]. Культура изолированных тканей базируется на двух формах изменчивости: природной (внутри- и межсортовой) и индуцированной дедифференцировкой тканей и культивированием на искусственной питательной среде. Значительная генетическая неоднородность каллусных клеток позволяет отобрать на селективных средах те из них, которые обладают необходимой устойчивостью к неблагоприятным факторам среды.

Сравнительные полевые испытания линий регенерантов ярового ячменя, проведенные в трех почвенно-климатических зонах: на оптимальном почвенном фоне (ОПХ «Минино», КНИИСХ); на кислом фоне в АО «Лазурное» в Красноярском крае и на засоленном фоне – на Северо-Кулундинской СХОС (Новосибирская обл.) - показали, что по совокупности признаков многие регенеранты, полученные на кислых и засоленных средах в культуре калусных тканей, превысили уровень стандартных и родительских сортов и характеризуются комплексной устойчивостью к стрессовым эдафическим факторам [7, 8]. Повышенная адаптивность регенерантов по сравнению со своими родительскими формами подтверждается большей сохранностью растений к уборке на обыкновенных черноземах, на засоленных и кислых почвах в течение ряда лет и более высоким уровнем урожайности на засоленных почвах (рис. 1).

Линии регенерантов оценены также в сравнении с другими материалом, созданным в лаборатории селекции ячменя в разных питомниках и в конкурсном сортоиспытании, где достойно конкурировали с лучшими селекционными линиями и сортами-стандартами (табл. 3). Наблюдаемые фенотипические изменения в поколениях регенерантов по сравнению с исходными формами ярко свидетельствуют о расширении разнообразия форм, прошедших культуру изолированных тканей и об эффективном создании стрессоустойчивых форм [7].

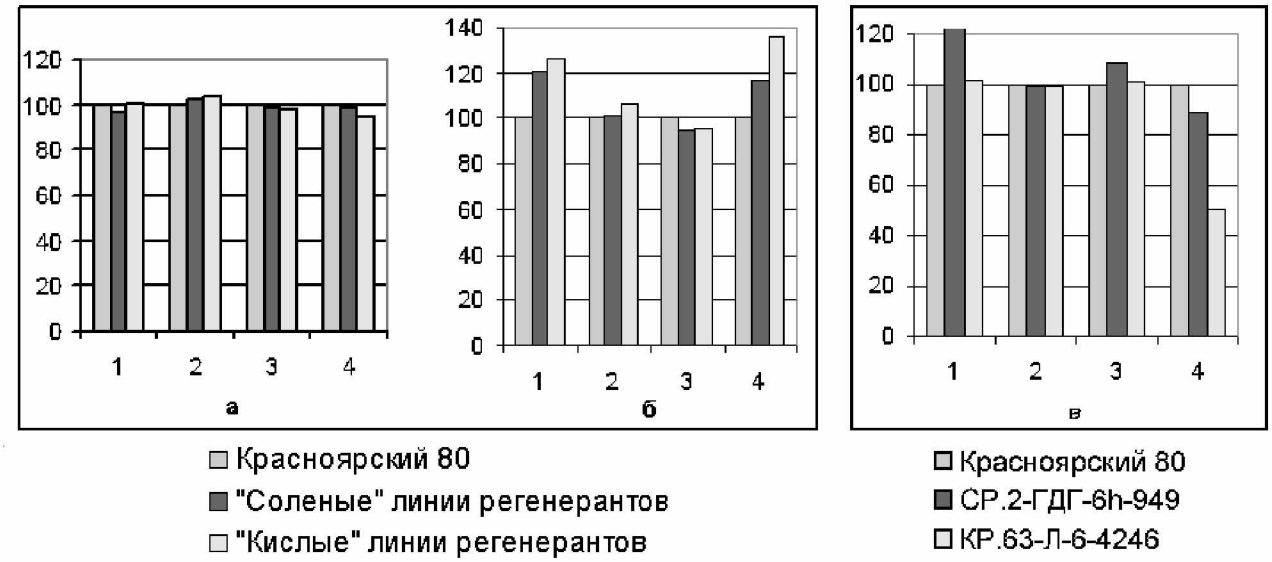


Рис. 1. Параметры основных элементов структуры урожая линий-регенерантов (в % от Красноярского 80): а – оптимальные почвы; б – засоленные почвы; в – кислые почвы; 1 – количество растений с делянки; 2 – озерненность колоса; 3 – масса 1000 зерен; 4 – урожайность

Таблица 3. Урожайность лучших линий-регенерантов (г/м^2), ОПХ «Минино»

Генотип	2002	2003	2004	Средняя
Красноярский 80	227	398	459	361
СР.1-У-95-1041	261	419	514	398*
КР.63-Л-6-4246	248	384	518*	383*
НСР (5%)	41,1	62,7	58,2	8,07

*- достоверные отличия от стандартного сорта Красноярский 80.

Сравнение хозяйственно-ценных характеристик линий ячменя сибирской селекции, выделяющихся максимальными показателями элементов продуктивности, что среди них выделяется группа раннеспелых форм (рис. 2), в выборке регенерантов таких форм в 2 раза больше, тоже можно отметить и для линий с повышенной кустистостью. Регенеранты не уступают линиям по озерненности и продуктивности, что свидетельствует об эффективности отбора, проведенного в культуре in vitro. Таким образом, линии, выделяющихся максимальными показателями элементов продуктивности, и регенеранты, полученные на селективных средах, призваны вносить дополнительное генетическое разнообразие в материал, целью использования которого является насыщение вновь создаваемых форм положительными хозяйственными свойствами.

С использованием селективных сред, содержащих токсины возбудителей корневых гнилей, выделены регенеранты с повышенной устойчивостью к гельминтоспориозно-фузариозным заболеваниям [9].

Использование разносторонних методов оценки и создания нового селекционного материала ячменя в Сибири усиливают предначертания Н.И. Вавилова о неоценимой роли исходного материала в селекционной работе. Комплексное его изучение позволяет реализовывать дальнейшее всестороннее использование мировых растительных ресурсов в селекции.

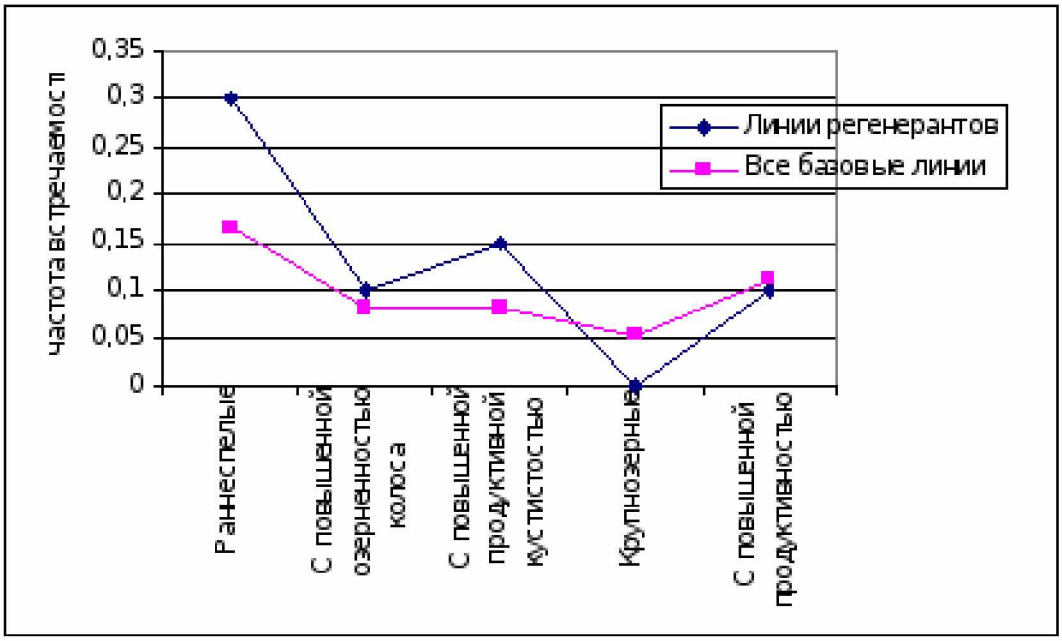


Рис. 2. Сравнение хозяйственно-ценных характеристик линий регенерантов с линиями ячменя сибирской селекции, выделяющихся максимальными показателями элементов продуктивности, ОПХ «Минино», 2007

Литература

1. *Schmidt J .W., Jonson V. A., Mattern P. S.* Testing and selection in carly generations of wheat crosses at the university of Nebraska // PAO Proc. of the Third RockfellerFoundation on wheat a seminar held in Ankara. Ankara. 1970. P. 186-189.
2. *Борисов Ю. М., Сурин Н. А., Шевцова Л. Н., Зобова Н. В.* Исследование гордеинов сибирских сортов ячменя стародавней и современной селекции. // Доклады РАСХН. 1998. №2. С.3-4.
3. *Борисов Ю. М., Шевцова Л. Н., Зобова Н. В., Сурин Н. А.* Формирование генетически гетерогенных сортов-популяций ярового ячменя путем изменения состава биотипов и подбора искусственных сортосмесей // Докл. РАСХН. 1997. №2. С. 3-5.
4. *Борисов Ю. М., Шевцова Л. Н., Зобова Н. В., Сурин Н. А.* Характеристика компонентного состава гордеинов сортов ярового ячменя в Восточно-Сибирском регионе // Доклады ВАСХНИЛ. 1989. №12. С. 2-4.
5. *Вавилов Н. И.* Ботанико-географические основы селекции // Теоретические основы селекции. 1935. Т. 1. С. 17-73.
6. *Гаркавый П. Ф.* Создание новых сортов ячменя и значение исходного материала ВИР // Бюл. ВИР. 1973. Вып. 35. С. 47–51.
7. *Зобова Н. В., Конышева Е. Н.* Использование биотехнологических методов в повышении соле- и кислотоустойчивости ярового ячменя. Новосибирск: СО Россельхозакадемия, 2007. 124 с.
8. *Зобова Н. В., Конышева Е. Н., Заболоцкий Е. В.* Агроэкологическая оценка линий-регенерантов ярового ячменя // Проблемы экологии Сибири: прил. к Вестнику КрасГАУ. Красноярск: Краснояр.гос.аграр.ун-т. 2005. Вып. 2. С. 97-102.
9. *Сурин Н. А. и др.* Получение регенерантов ярового ячменя, устойчивых к токсинам возбудителей корневых гнилей в условиях Восточной Сибири // Микология и фитопатология. 2002. Т. 36. №2. С. 67-71.
10. *Сурин Н. А., Ляхова Н. Е.* Селекция ячменя в Сибири. Новосибирск: СО ВАСХНИЛ, 1993. 292 с.
11. *Сурин Н. А., Ляхова Н. Е., Зобова Н. В.* О повышении адаптивности ячменя к экстремальным условиям Восточной Сибири // Вестник РАСХН. 1999. №4. С. 14-17.
12. *Трофимовская А. Я.* Ячмень. Л.: Колос, 1972. 295 с.
13. *Цильке Р. А.* Генетика, цитогенетика и слекция растений. Новосибирск, 2003. 621 с.
14. *Шевцова Л. Н., Зобова Н. В.* Агроэкологическая детерминация ярового ячменя Восточной Сибири по гордеинкодирующим локусам / Под ред. Н.А.Сурина. Красноярск: Краснояр. гос. аграр. ун-т., 2008. 146 с.

ПАРАЛЛЕЛЬНАЯ ИЗМЕНЧИВОСТЬ У БАХЧЕВЫХ КУЛЬТУР И ЕЕ ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗНАЧЕНИЕ В СЕЛЕКЦИИ

Г. А. Теханович, Ю. А. Елацков, А. Г. Елацкова
Государственное научное учреждение Кубанская опытная станция ВНИИР Россельхозакадемии, п. Ботаника, Краснодарский край, Россия

Резюме

Изложены результаты исследований и применение принципа параллельной изменчивости на примере бахчевых культур в создании новых сортов и гибридов. Получены селекционные линии арбуза, дыни и тыквы, имеющие генетические маркеры. Описан ряд сортов, выведенных на станции.

CONCURRENT VARIABILITY OF CUCURBITACEOUS CROPS AND ITS PRACTICAL IMPORTANCE FOR PLANT BREEDING

G. A. Tekhanovich, Yu. A. Elatskov, A. G. Elatskova
Kuban Experimental Station N. I. Vavilov All-Russian Research Institute of Plant Industry, Russia

Abstract

The results of investigations and the application of the concept of concurrent variability for the development of modern varieties and hybrids of cucurbitaceous crops are summarized. The breeding lines of watermelon, melon and pumpkin possessing genetic markers were obtained. The description of varieties originating in the Station is presented.

Бахчевые культуры (арбуз, дыня, тыква) относятся к семейству Тыквенные (*Cucurbitaceae* Jus) и включает роды *Cucurbita* L. – тыква, *Citrullus* Schrad. – арбуз, *Cucumis* L. – дыня, огурец.

В фундаментальной работе «Закон гомологических рядов в наследственной изменчивости» Н. И. Вавилов, помимо других культур, уделил большое внимание параллельной изменчивости у родственных видов и родов семейства Тыквенные. Он установил следующую закономерность: «…генетически близкие линнеевские виды характеризуются сходными и параллельными рядами наследственных форм» [1, 2].

Такое сходство и параллелизм в наследственной изменчивости наблюдаются у разных видов рода *Cucurbita*: тыквы твердокорой (*C. pepo* L.), крупноплодной (*C. maxima* L.) и мускатной (*C. moschata*); в роде *Cucumis* L., к которому относятся два различных линнеевских вида: дыня (*C. melo* L.) и огурец (*C. sativus* L.). У вышеперечисленных видов в пределах каждого рода сходные ряды проявляются по характеру семядольных и настоящих листьев, габитусу растений, опушенности стебля и листьев, признаку пола, форме, окраске, рисунку плодов и т. д.

В отличие от *Cucumis* и *Cucurbita* у арбуза (род *Citrullus* Schrad.) параллельные ряды в наследственной изменчивости четко наблюдаются в характере семян (по их размеру, окраске и рисунку), в признаках плода и особенно окраске мякоти (от белой, розовой, красной до оранжево-желтой и лимонно-желтой).

Изучение изменчивости видового и сортового разнообразия бахчевых культур позволяет найти недостающие звенья у близкородственных видов и родов и использовать их в селекции. Об этом свидетельствует накопленный опыт по выявлению важных для селекции форм растений, которые служили при создании новых сортов и гибридов. Четко выраженное захождение систематических признаков, наблюдаемое у некоторых видов бахчевых культур, позволяет создать принципиально новые сорта. Например, на Кубанской опытной станции ВИРа создан сорт арбуза Подарок Солнца с шаровидными желтокорыми плодами, напоминающими по внешнему виду плоды дыни.

Развитие селекции показывает, что для получения наиболее приемлемых и удобных при возделывании сортов бахчевых культур могут послужить формами малым габитусом растения, а именно, кустовые и короткоплетистые.

В семействе Тыквенные кустовые формы характерны лишь для трех разновидностей вида твердокорой тыквы: кабачка (var. *giraumons* Dich.), патиссона (var. *melopepo* (L.) Fil) и крукнека (var. *cruckneck*). Они относятся к овощным тыквам.

Путем индивидуального отбора из популяции коллекционного образца (вр. к-411) получен скороспелый сорт твердокорой тыквы Кустовая оранжевая. Он имеет компактные кустовые растения габитусом 1,0–1,2 м, с шаровидными или коротко-овальными ярко-оранжевой окраски плодами массой 4,9–6,5 кг. Районирован с 1995 г. в четырех регионах России (Северо-Западный, Центральный, Волго-Вятский, Западно-Сибирский).

При поступлении нового материала из Южной Америки и США были выделены кустовые образцы крупноплодной тыквы Gold Nugget (к-3860), Chino (к-4477), Zappalito (к-3007), Cachi Magnifera (вр. к-450), представляющие интерес для селекции кустовых сортов. У гибридов от скрещивания плетистых сортов с вышеперечисленными кустовыми отобраны перспективные формы, имеющие малый габитус растений. На основе отбора у гибрида Мраморная × Gold Nugget создан скороспелый сорт короткоплетистой тыквы Лечебная. Районирован с 1994 г. в шести регионах РФ.

Другой сорт тыквы крупноплодной – Кустовая золотая – получен от скрещивания линий Полено × Троянда. Районирован с 2000 г. Относится к группе ультраскороспелых (85–90 дней).

С учетом требований рынка, расширен генетический материал для использования в селекции порционных тыкв. В результате многолетней работы методом гибридизации сортов Мраморная × Cachi Magnifera и последующих отборов выделена компактная предельно кустовая форма у тыквы крупноплодной Кустовая 11. На ее основе получен сорт порционной тыквы Малышка, включенный в Реестр селекционных достижений на 2009 г.

Сорт имеет высокую скороспелость (80–90 дней), достаточную урожайность (28–32 т/га), хорошие вкусовые качества (4,0–4,2 балла). Плоды сплюснутые, темно-серые, массой 2,0–3,0 кг. Мякоть оранжевая, хрустящая, средней плотности и сочности, сладкая. Содержит 10,3–12,5% сухих веществ, 8,6–9,7% – общего сахара, 6,5 мг% каротина. Обладая малым габитусом растения, сорт можно выращивать по оптимальной схеме размещения растений: 1,4 × 0,7 м или 1,0 × 0,5 м. Удобен для проведения механизированной междурядной обработки.

Методом многократного индивидуального отбора впервые получена кустовая линия мускатной тыквы КЛ 745. В отечественной селекции таких форм до последнего времени не было.

У других видов семейства Тыквенные (арбуз, дыня, огурец) также выявлены кустовые формы. Получен ряд новых кустовых линий арбуза: кустовые рассеченнолистные линии (КРЛ – КРЛ 694, КРЛ 718, КРЛ 732); кустовые цельнолистные (КЦЛ – КЦЛ 300, КЦЛ 556, КЦЛ 760) и дыни (КЛ 309, КЛ 755). Они используются при выведении сортов, пригодных для машинного возделывания.

На основе кустовой рассеченнолистной линии (КРЛ 732) выведен сорт арбуза Святослав, районированный в 2009 г. Сорт кустового типа, с периодом от всходов до созревания 95–106 дней. Урожайность товарных плодов 49,5–56,8 т/га. Средняя масса плода 4,8–6,0 кг, максимальная – 7,0–8,0 кг. Плоды округлые, с темно-зеленым фоном и широкими черно-зелеными полосами. Мякоть густо-розовой и малиновой окраски, плотно зернистая, сладкая и очень сладкая. Вкус 4,4–-4,7 балла. Устойчив к фузариозу и антракнозу.

У бахчевых культур нередко можно обнаружить спонтанные хлорофильные мутации. Как правило, мутантные формы летальны и погибают в фазе семядолей или первых настоящих листьев. Но встречаются жизнеспособные мутанты с желто-зеленой окраской листьев. Признак проявляется на ранней стадии развития растений – в фазе появления первых настоящих листьев, а затем и желтых завязей. На основе такой формы были выведены сорта кабачка – цуккини, с желто-оранжевой окраской плодов (Желтоплодный) и кремовой окраской (Буратино) Эти сорта по внешнему виду более привлекательны и пользуются большим спросом.

Для селекции оригинальных арбузов отобраны формы с необычной желтой окраской плодов и мякоти. На основе гибридизации образца из Китая (к-3430) с сортом Лидер и последующих отборов выделена линия желтокорого арбуза L-284. Из этой линии получен ультраскороспелый сорт Подарок Солнца, районированный в 2004 г. Оригинальность сорту придают яркие золотисто-желтые округлые плоды, наличие у растений желто-зеленой мозаики листьев и желтовато-белесая окраска их черешков и плетей. Средняя масса плода 3,5–4,0 кг, продуктивность растения – 5,6–6,0 кг. Мякоть интенсивно-красная, нежнозернистой консистенции, сладкая. Вкусовые качества оцениваются в 4,5 балла.

Впервые получена более оригинальная форма арбуза, сочетающая желтую окраску коры и мякоти. Растения выделенной формы также имеют желто-зеленую крапчатость листьев, напоминающую мозаику. Такая форма может быть использована в любительском бахчеводстве.

Представляют интерес формы дыни, имеющие желто-зеленую окраску листа, начиная с семядолей. Вначале продуктивность и вкусовые качества их плодов были низкими. Поэтому для их улучшения проведены скрещивания желто-зеленых растений с лучшими сортами Колхозница и Десертная. В результате у гибридов отобраны наиболее продуктивные, с хорошим вкусом плодов желто-зеленые линии (ЖЗЛ 149, ЖЗЛ 89). Рецессивный признак желто-зеленой окраски листа указанных материнских линий используется в селекции гетерозисных гибридов. Среди них также ведется отбор для получения дыни оригинальной формы и декоративного характера.

У бахчевых культур проявляется параллельная изменчивость и по другим морфолого-биологическим признакам (тип листа, степень его рассеченности и окраски, характер опушенности стебля и листьев, признак пола и т. д.).

У большинства видов тыквы листья цельнокрайные. Однако часто встречаются формы, особенно у видов твердокорой тыквы и кабачка-цуккини, имеющие глубоко рассеченные листья. Заслуживают внимания линии кабачка-цуккини L-7 и L-69, используемые в качестве генетического маркера в гетерозисной селекции. Кроме того, они имеют преимущественно женский тип цветения, мягкое опушение листа, черешка и стебля.

Так же как и у тыквы твердокорой, большинство сортов арбуза имеют рассеченные листья. Для практического использования в сортовой и гетерозисной селекции созданы формы арбуза с нерассеченной пластинкой листа – цельнолистные линии (ЦЛ): ЦЛ 656, ЦЛ 662, ЦЛ 752, ЦЛ 784 и др. Признак цельного листа по отношению к рассеченному – рецессивный. Рецессивный характер наследования цельного листа позволяет использовать линии в качестве генетических маркеров для селекции гетерозисных гибридов, а также при выведении цельнолистных сортов. Полученные линии имеют раздельнополый тип цветения, который обеспечивает на участке гибридизации более высокий процент гибридных семян.

Нами проведен опыт получения гибридных семян с участием цельнолистных линий. В качестве материнских были взяты ЦЛ 784 и ЦЛ 752, а в качестве отцовского родителя – сорт Ольгинский. Лучший результат получен с линией ЦЛ 784. Гибридность семян варьировала от 54 до 83%, а с линией ЦЛ 752 – от 39 до 74%.

В сортовой селекции на основе линии ЦЛ 784 создан сорт Красавчик, включенный в Госреестр селекционных достижений в 2007 г., а с использованием линии ЦЛ 656 – сорт Благодатный, включенный в Госреестр в 2009 г. Первый сорт относится к группе среднеранних, второй – среднеспелых.

Как известно, по признаку опушения стебля и листьев разновидности твердокорой тыквы имеют грубое, жесткое опушение. Это создает определенные неудобства при уборке плодов, особенно таких многосборовых культур, как кабачок и патиссон. На основе появившихся мутаций созданы сорта кабачка и патиссона, с мягким опушением. С участием селекционных линий, имеющих мягкое опушение, на станции созданы сорт кабачка-цуккини Негритенок и патиссон Солнышко.

В семействе Тыквенные наблюдаются сходные ряды в наследственной изменчивости по типу цветения. У отельных представителей этого семейства (*Cucumis sativus* L.) обнаружены

растения преимущественно женского типа цветения. В последующем растения женского типа были выявлены у другого вида рода *Cucumis* – дыни (*Cucumis melo* L.). Однако вкусовые качества их плодов были низкие. Путем периодических скрещиваний с различными культурными сортами и многократных отборов выделены перспективные женские линии (ЖЛ 703, ЖЛ 727, ЖЛ 579, ЖЛ 597). На основе созданных линий разрабатываются способы получения гибридных семян у дыни.

Как следует из вышеизложенного, на примере бахчевых культур параллельная изменчивость, изложенная Н. И. Вавиловым в «Законе гомологических рядов в наследственной изменчивости», играет важную роль в развитии селекции.

Литература

1. *Вавилов Н. И.* Закон гомологических рядов в наследственной изменчивости. Л., 1987. 256 с.
2. *Вавилов Н. И.* Линнеевский вид как система // Тр. по прикл. бот., ген. и сел. Л., 1931 Т. 26, № 3. С. 109–134.

ХОЗЯЙСТВЕННО ЦЕННЫЕ ПРИЗНАКИ РАСТЕНИЙ ХЛОПЧАТНИКА (*G. HIRSUTUM* L.) ПРИ РАЗЛИЧНОЙ ГУСТОТЕ СТОЯНИЯ В УСЛОВИЯХ СЕВЕРО-ЗАПАДА АСТРАХАНСКОЙ ОБЛАСТИ

Р. К. Туз

Государственное научное учреждение Прикаспийский НИИ аридного земледелия РАСХН, Россия, e-mail: pniiaz@mail.ru

Резюме

В статье приведены результаты опыта по определению оптимальной густоты стояния растений хлопчатника в условиях севера Астраханской обл. на примере двух сортов с различным типом ветвления. Показано изменение хозяйственно ценных признаков хлопчатника при увеличении плотности посева.

ECONOMICALLY IMPORTANT TRAITS OF COTTON (*G. HIRSUTUM* L.) AT VARYING PLANT DENSITY IN THE NORTHWEST OF THE ASTRAKHAN REGION

R. K. Tuz

Near-Caspian Research Institute of Arid Agriculture, Russia, e-mail: pniiaz@mail.ru

Abstract

The paper offers the results of experimental determination of the optimum density of cotton plants under conditions of the Northern Astrakhan Region using 2 cotton varieties with different branching habit as an example. Changes in the economically important traits vs. the increased crop density are shown.

В настоящее время текстильная промышленность России работает практически полностью на импортном сырье. Частичное решение проблемы обеспечения РФ собственным хлопковым сырьем возможно за счет возрождения отечественного хлопководства. Особую актуальность при этом приобретают вопросы создания новых высокоурожайных скороспелых сортов и совершенствования технологии возделывания культуры.

Одним из важнейших условий увеличения валового сбора хлопка-сырца является возделывание высокопродуктивных сортов с ранним и дружным созреванием. Это необходимо прежде всего для повышения удельного веса доморозного хлопка-сырца,

волокно которого имеет лучшие технологические показатели. Наряду с этим при дружном раннем созревании достигается сокращение сроков уборки, создаются предпосылки для своевременного проведения зяблевой вспашки и других мероприятий, являющихся залогом высокого урожая следующего года.

Большое значение в агротехнике возделывания хлопчатника имеет густота стояния растений. По литературным данным известно, что при изреженности посевов у растений формируется большое количество коробочек, но урожай при этом остается низким. При чрезмерно загущенных посевах у растений закладывается малое количество коробочек пониженной массы, и в результате урожай также получается невысоким. Нормальная густота стояния обеспечивает наиболее выгодное сочетание числа растений на единице площади, числа коробочек на каждом кусте и массу коробочек.

Наша работа была направлена на выявление оптимальной, экономически обоснованной густоты стояния растений скороспелых сортов хлопчатника с различным морфологическим строением куста для получения максимального раннего урожая хлопка-сырца в орошаемых условиях светло-каштановых почв Северного Прикаспия.

Были использованы 2 сорта селекции ПНИИАЗ – АС-5 и АС-6 (вид *Gossypium hirsutum* L.). АС-5 характеризуется колонковидным компактным кустом, а АС-6 – раскидистым, т. е. эти сорта отличаются формой куста и типом ветвей. Кроме того, они различаются и по хозяйственно ценным признакам. Опыт двухфакторный, закладывался методом расщепленных делянок в четырехкратной повторности.

Густота стояния растений и схема их размещения зависят от многих факторов. К их числу, [5, 8] прежде всего следует отнести габитус, причем сорта, низкорослые, с редкой листвой должны высеваться гуще, чем сорта высокорослые, быстрорастущие, мощные и обильно облиственные, раскидистые.

Величина и качество урожая являются окончательной оценкой любого агротехнического мероприятия или агрокомплекса. При направленном выращивании хлопчатника необходимо иметь такое количество растений на гектар и выращивать их так, чтобы было обеспечено хорошее накопление сформировавшихся коробочек, без полегания главного стебля, и имелась бы возможность машинной уборки.

Продуктивность хлопчатника определяют следующие признаки: масса хлопка-сырца одной коробочки, количество коробочек на одном растении, количество растений на единице площади.

В литературе нет единого мнения о влиянии густоты стояния растений на массу коробочек. У одних [2, 4, 6] при загущении наблюдается тенденция к снижению массы сырца одной коробочки, при этом первый этап роста коробочки мало различается в зависимости от сортов, густоты стояния и местоположения коробочки на растении. Основное различие проявляется только на втором этапе, когда происходит созревание волокна и семян. Другие исследователи [3, 7] не отмечают резких различий в средней массе хлопка-сырца одной коробочки при увеличении плотности стеблестоя.

В нашем опыте (табл.) с повышением количества растений масса хлопка-сырца одной коробочки постепенно понижалась. В среднем за три года наиболее крупные коробочки были при наименьшей густоте стояния – 80 тыс. раст./га. Их масса составила 5,6 и 5,1 г по сортам, соответственно. При густоте стояния 200 тыс. раст./га коробочки весили 4,0 и 3,7 г. соответственно.

Хозяйственно ценные признаки хлопчатника сортов АС-5 и АС-6 при различной густоте стояния, ГНУ ПНИИАЗ, 2002–2004 гг.

Густота стояния, тыс.раст./га	Масса хлопка-сырца одной коробочки, г	Длина волокна, мм	Выход волокна, %	Продуктивность одного растения, г	Урожайность, т/га
АС-5					
80	5,6	32,1	38,4	22,1	1,71

110	5,2	31,0	37,7	18,5	1,99
140	4,7	30,9	37,2	13,1	1,85
170	4,4	30,9	37,8	9,6	1,62
200	4,0	30,5	38,7	7,1	1,41
АС-6					
80	5,1	29,1	34,9	19,9	1,57
110	4,8	28,6	35,0	17,0	1,79
140	4,4	28,5	35,6	12,1	1,67
170	4,0	28,1	34,9	8,6	1,45
200	3,7	28,2	34,4	6,1	1,22

Продуктивность растений в 2002 г. у сортов АС-5 и АС-6 с повышением густоты стояния падала – от 29,8 и 25,9 г в варианте 80 тыс. раст./га до 12,0 и 8,9 г в варианте 200 тыс. раст./га по сортам. Наибольшая урожайность у обоих сортов отмечалась в вариантах 110 и 140 тыс. раст./га (2,77 и 2,85 т/га у сорта АС-5 и 2,41 и 2,17 т/га у сорта АС-6). Проведенный математический анализ выявил существенность разницы между сортами и практически всеми вариантами по массе хлопка-сырца одной коробочки, продуктивности и урожайности. Кроме того, имеется существенная разница во взаимодействии факторов по массе коробочек и выходу волокна. Недостоверной разница между значениями была только у вариантов 170 и 200 тыс. раст./га по массе коробочки у сорта АС-6 и по урожайности (в указанных вариантах) у обоих сортов.

В 2003 г. масса коробочки, продуктивность и урожайность также уменьшались по мере увеличения густоты стояния. Снижение массы коробочки особенно сильно проявилось у сорта АС-6. В связи с неблагоприятными погодными условиями, показатели продуктивности были пониженными по сравнению с другими годами. Дисперсионный анализ показал существенность различий между вариантами и сортами по массе хлопка-сырца одной коробочки, а по вариантам – достоверность разницы продуктивности одного растения и урожайности. Между сортами различия в продуктивности и урожайности отсутствовали.

В более благоприятном 2004 г. масса хлопка-сырца была на более высоком уровне и составляла в варианте 80 тыс. раст./га 5,8 и 5,7 г, а в варианте 200 тыс. раст./га – 4,4 и 3,9 г по сортам. Также сохранилась тенденция к падению продуктивности одного растения по мере увеличения густоты стояния – от 23,7 и 21,4 г на 80 тыс. раст./га до 6,4 и 6,2 г на 200 тыс. раст./га по сортам АС-5 и АС-6.

На рис. 1 отображена урожайность по каждому году и сорту. Видно, что не всегда вариант с густотой стояния 110 тыс. раст./га был самым урожайным. В 2002 г. наибольшая урожайность находилась на варианте 140 тыс. раст./га (сорт АС-5), что объясняется большей продолжительностью периода вегетации в этот год, а в 2004 г. у сорта АС-6 значения урожайности на вариантах 110 и 140 тыс. раст./га были практически равными.

Наибольшая урожайность в 2004 г. была ниже, чем в 2002 г., но намного выше, чем в 2003 г., и составила 2,07 и 1,82 т/га по сортам. Как и в 2002 г., у сорта АС-5 отмечены большая масса хлопка-сырца одной коробочки, продуктивность и урожайность по сравнению с сортом АС-6. Этим опять подтверждается высокая степень влияния условий выращивания, погодных условий на формирование различных признаков хлопчатника. Математическая обработка показала, что, как и в 2003 г., существенны различия по вариантам, сортам и взаимодействию факторов по массе хлопка-сырца одной коробочки и вариантами по продуктивности и урожайности. Достоверных сортовых различий по продуктивности и урожайности не отмечено. В среднем, за годы исследований наибольшая урожайность сформировалась при густоте стояния 110 тыс. раст./га и составила 1,99 и 1,79 т/га по сортам АС-5 и АС-6.

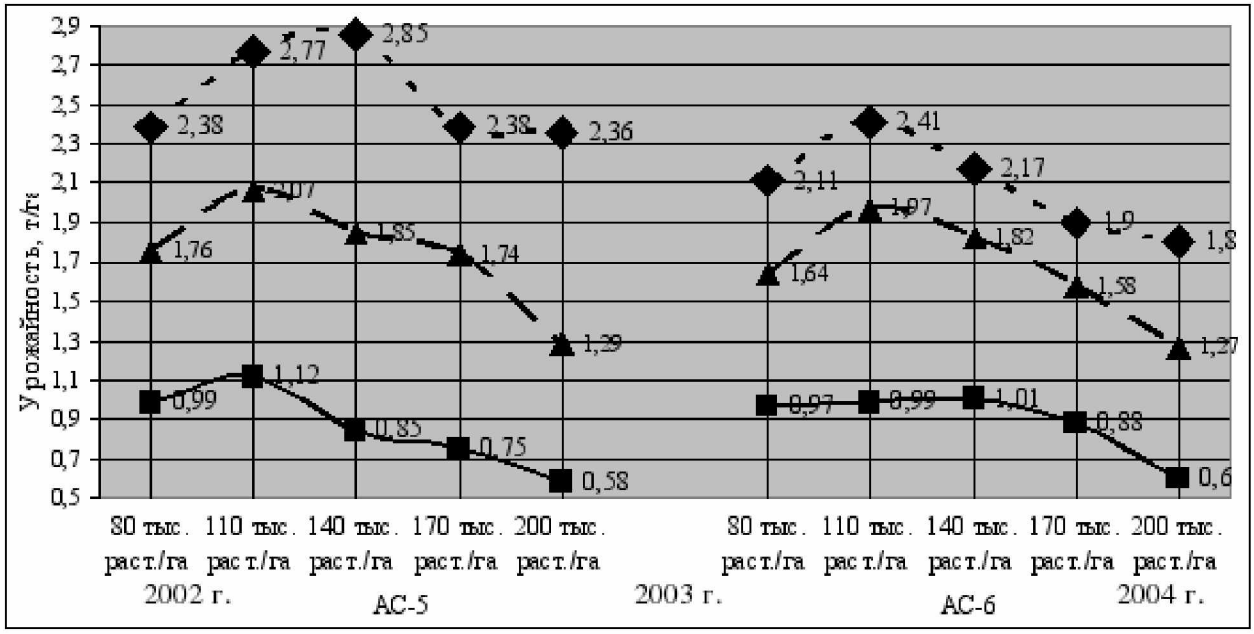


Рис. 1. Урожайность хлопчатника в зависимости от густоты стояния

На рис. 2 наглядно представлено влияние внешних условий среды и густоты стояния растений на продуктивность и урожайность хлопчатника. Заметно, что степень влияния густоты стояния на продуктивность растений очень велика, при этом разница между сортами видна достаточно хорошо.

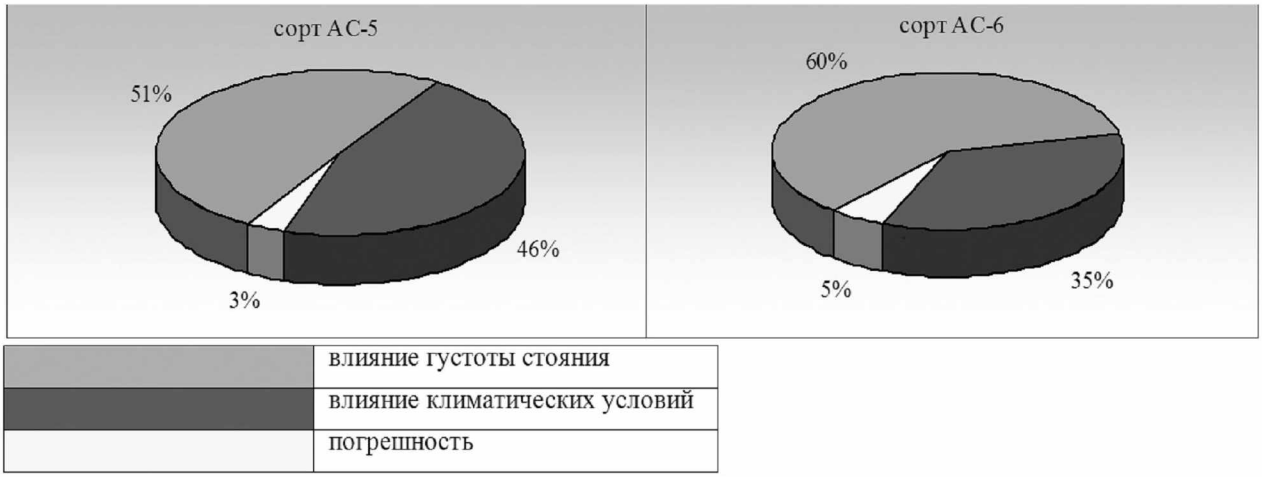


Рис. 2. Влияние сорта и густоты стояния растений на продуктивность растений хлопчатника сортов АС-5 и АС-6 (среднее за 2002 – 2004 гг., ГНУ ПНИИАЗ)

У сорта АС-6 степень влияния густоты составляет 60%, тогда как у сорта АС-5 только 51%. Влияние загущения на урожайность также оказалось существеннее у сорта АС-6 с раскидистым типом куста (13% против 7% у сорта АС-5), однако главенствующую роль в определении урожайности, как показали наши исследования, играют климатические условия вегетационного периода и прочие факторы (46 и 35% соответственно, если рассматривать влияние их только на продуктивность одного растения и 91 и 86% по сортам, соответственно, если рассматривать влияние в общем на урожайность). Ошибка здесь была небольшая и колебалась от 1 до 5%. Таким образом, различие в типе ветвления сортов оказывало в нашем опыте определенное влияние и на урожайность и, в большей степени, на продуктивность растений.

Технологические свойства волокна изменяются не только в зависимости от наследственных особенностей видов и сортов хлопчатника или от местоположения коробочек на кусте, летучек в коробочке и волоконец на поверхности семени, но, в известной мере, и в зависимости от условий внешней среды – от почвенно-климатических условий и условий, создаваемых агротехникой [1].

По данным научных учреждений, разрывная длина и процент выхода волокна являются устойчивыми признаками хлопчатника. Однако и они могут изменяться под воздействием окружающей среды.

Нашими исследованиями установлено, что изменение густоты стояния влияло на длину и выход волокна несущественным образом. Лишь в 2002 г. было достоверно доказано изменение выхода и длины волокна, в остальные годы колебания по вариантам были недостоверными, однако между сортами различия оказались существенными. В среднем за годы изучения длина волокна по вариантам составляла 30,5 – 32,1 мм у сорта АС-5 и 28,1 – 29,1 мм у сорта АС-6. Выход волокна колебался 37,2 – 38,7% у АС-5 и 34,4 – 35,6% у сорта АС-6. В благоприятные годы (2002 г. и 2004 г.) длина и выход волокна были выше, чем в 2003 г.

Проведенный корреляционный анализ выявил целый ряд значительных связей (рис. 3), из которых наиболее сильными были корреляции массы коробочек с количеством коробочек ($r = 0,86 \pm 0,10$), массы коробочек с густотой стояния ($r = -0,69 \pm 0,14$), продуктивности и урожайности с периодом вегетации ($r = -0,77 \pm 0,12$ и $-0,86 \pm 0,10$), продуктивности и урожайности с высотой растений ($r = 0,85 \pm 0,10$ и $0,72 \pm 0,13$), продуктивности и урожайности с высотой закладки первой симподиальной ветви ($r = -0,76 \pm 0,12$ и $-0,85 \pm 0,10$).

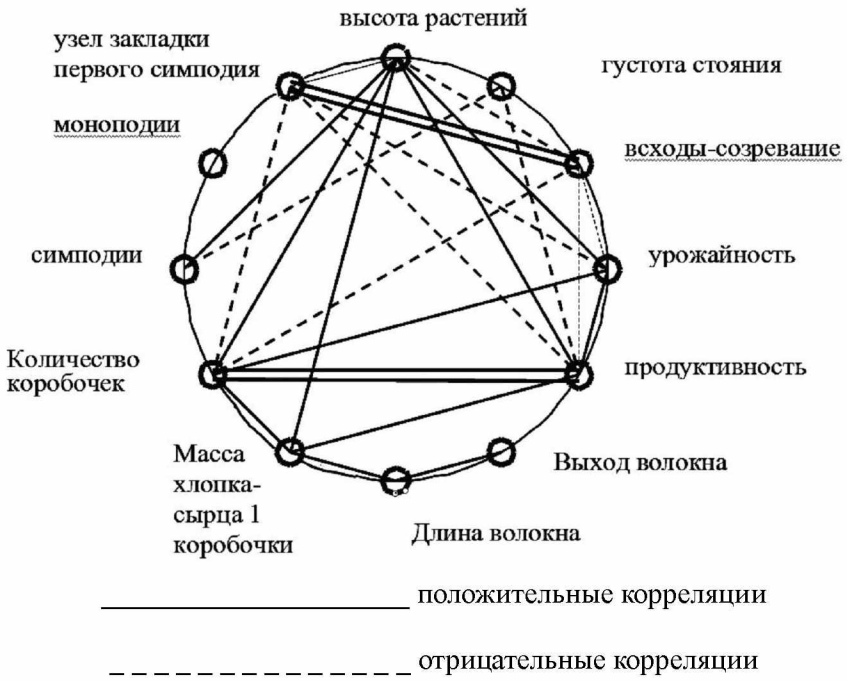


Рис. 3. Корреляции признаков средневолокнистого хлопчатника

Таким образом, показана пластичность хлопчатника, возможность экономически эффективного возделывания данной культуры в условиях севера Астраханской обл. Доказано, что густота стояния растений оказывает очень большое влияние на формирование продуктивности и урожайности хлопчатника изученных выбранных сортов. Масса хлопка-сырца одной коробочки и продуктивность одного растения при повышении количества

растений на единице площади существенно снижаются. Длина и выход волокна изменяются несущественным образом. Урожайность растет до густоты стояния 110 тыс. раст./га, после чего понижается. Минимальная урожайность отмечена в варианте 200 тыс. раст./га, независимо от сорта хлопчатника.

Литература

1. *Автономов А. И.* Хлопководство / Под ред. А. И. Автономова, М. З. Казиева, А. И. Шлейхера. М.: Колос, 1983. 334 с.
2. *Абдуллаев Ф. А.* Характер развития коробочек хлопчатника при различной густоте стояния // Сел. Хоз-во Узбекистана. 1962. № 9. С. 30–32.
3. *Ибрагимов Г. А.* Густота и урожайность хлопчатника // Хлопководство. 1979. № 4. С. 35–36.
4. *Сабиров И.* Рост, развитие и урожайность хлопчатника в зависимости от густоты стояния растений и норм внесения удобрений на луговых почвах Хорезмского оазиса: Автореф. дис. … канд. с.-х. наук: 06.01.14. Ташкент, 1983. 21 с.
5. *Симонгулян Н. Г.* Проблема скороспелости в селекции хлопчатника. Ташкент: ФАН, 1971. 224 с.
6. *Султаниязов Т.* Удобрение и густота стояния // Матер. респ. школы-семинара молодых ученых и специалистов по проблемам повышения эффективности с.-х. производства в свете решений июльского (1978 г.) пленума ЦК КПСС (Хлопководство). Ташкент, 1979. С. 149–152.
7. *Утегенов Ж.* Влияние способов посева и уровня питания на структуру куста и урожайность хлопчатника в условиях Голодной Степи: Автореф. дис. … канд. с.-х. наук: 06.01.14, 06.01.04. Ташкент, 1978. 19 с.
8. *Christidis B. G, Harrison G. J.* Cotton growing problems. M.: И-во иностр. лит., 1959. 687 с.

ГЕНЕТИЧЕСКАЯ СТРУКТУРА ПОПУЛЯЦИЙ ВОЗБУДИТЕЛЯ ЛИСТОВОЙ РЖАВЧИНЫ ПШЕНИЦЫ *PUCCINIA TRITICINA* ERIKSS. ПО ПРИЗНАКУ ВИРУЛЕНТНОСТИ: ИЗМЕНЧИВОСТЬ В ТЕЧЕНИЕ СЕЗОНА ВЕГЕТАЦИИ ХОЗЯИНА

Л. Г. Тырышкин, М. А. Колесова, П. М. Курбанова, М. Э. Гашимов

Государственный научный центр РФ Всероссийский научно-исследовательский институт растениеводства им. Н. И. Вавилова РАСХН, Санкт-Петербург, Россия, e-mail: tyryshkinlev@vir.rambler.ru

Резюме

При анализе двух сборов возбудителя листовой ржавчины пшеницы показано, что достоверный объем выборки составляет около 100 клонов патогена; при меньших объемах выявляются существенные различия между выборками из очевидно одной генеральной совокупности. В двух регионах выявлена существенная изменчивость по признаку вирулентности к почти изогенным линиям сорта Тэтчер в субпопуляциях, паразитирующих на одном сорте пшеницы в течение сезона вегетации хозяина. Анализ вирулентности субпопуляций патогена, собранных в 2 срока с образца тритикале при отсутствии других вегетирующих хозяев *P. triticina,* указывает на важную роль абиотических факторов среды в этой изменчивости. В модельном лабораторном эксперименте доказано влияние температуры как на успех заражения восприимчивого сорта пшеницы конкретным генотипом патогена, так и на его дифференциальное развитие в тканях хозяина.

GENETIC STRUCTURE OF POPULATIONS OF WHEAT LEAF RUST CAUSAL AGENT *PUCCINIA TRITICINA* ERIKSS. FOR VIRULENCE: VARIATION DURING THE HOST VEGETATION SEASON

L. G. Tyryshkin, M. A. Kolesova, P. M. Kurbanova, M. E. Gashimov

N. I. Vavilov All-Russian Institute за Plant Industry, St. Petersburg, e-mail: tyryshkinlev@rambler.ru

Abstract

The analysis of 2 wheat leaf rust casual agent samples has shown that the effective volume of sampling is about 100 clones; smaller volumes yielded significant differences between samples from the evidently single population. Significant variability for virulence to near-isogenic Thatcher lines was found in 2 regions in subpopulations parasitizing on one wheat variety during the host vegetation season. The analysis of virulence in 2 pathogen subpopulations sampled during 2 periods from a triticale line in the absence of other vegetating *P. triticina* hosts indicates an important role of abiotic environmental factors in this variability. Model laboratory experiments have proved the influence of temperature on both successful infection of a susceptible wheat variety with a specific pathogen genotype and th differential development of the latter in the host tissues.

Имеющиеся в настоящее время представления о генетической структуре популяций возбудителя листовой ржавчины пшеницы *Puccinia triticina* Erikss. в подавляющем большинстве случаев получены при анализе однократных разнообъемных выборок изолятов патогена из конкретных регионов [например, 7 – 10, 12 – 14]. При этом, очевидно, не учитывается вероятная нерепрезентативность выборки, связанная с небольшим количеством анализируемых изолятов, а также игнорируется возможность радикальных изменений генетической структуры популяций в течение одного сезона, например за счет селективного размножения более адаптированных клонов паразита. Данные недостатки в определенной степени снижают ценность имеющихся представлений о генетической структуре популяций возбудителя ржавчины, и, кроме того, из изучения выпадает важный аспект микроэволюции патогена – сезонная динамика генетической структуры популяций. Кроме того, возможность резкого изменения генотипической структуры популяций патогена в течение одного сезона вегетации имеет и важное прикладное значение для иммунологических исследований: в том случае, если структура популяции по генам вирулентности в течение вегетационного сезона остается относительно постоянной, очевидно, что для создания инфекционного фона можно ограничиться однократным сбором патогена; если же частоты аллелей вирулентности изменяются значительно, то необходимы многократные сборы для представленности в инокулюме как можно большего разнообразия по вирулентности (и агрессивности).

Цель настоящего исследования – изучить изменчивость генетической структуры популяций *P. triticina* на одном генотипе растения-хозяина в течение сезона его вегетации, а также в лабораторном эксперименте выявить возможное влияние температуры на изменение структуры модельной популяции патогена.

Материалы и методы

Сборы листовой ржавчины проводили в 2007 – 2008 гг. в двух регионах России (Северо-Западный, поле Пушкинского филиала (ПФ) Всероссийского института растениеводства им. Н. И. Вавилова (ВИР); Северный Кавказ, поле Дагестанской опытной станции ВИР (ДОС ВИР)) дважды за сезон вегетации хозяина с одного и того же образца пшеницы. На поле ДОС ВИР, кроме того, в 2008 г. собирали ржавчину с одного полуозимого образца тритикале через месяц после уборки зерновых.

В лабораторных условиях анализировали вирулентность монопустульных изолятов гриба к почти изогенным линиям сорта Thatcher с генами устойчивости *Lr1, 2a, 19, 20, 23* и *26* при использовании методики инокуляции отрезков листьев, помещенных на воду. Учет типа реакции проводили на 6 – 7-е сут после заражения линий изолятами по шкале, предложенной Е. Майнсом и Х. Джексоном [11].

Для обозначения фенотипов вирулентности дифференциаторы разбили на 2 группы: 1) Th*Lr1*–Th*Lr2a*–Th*Lr26*; 2) Th*Lr23*–Th*Lr20*–Th*Lr19*. В каждой группе в случае авирулентности клона образцу присваивали значение 0. В случае вирулентности первому образцу в группе присваивали значение 1, второму – 2, третьему – 4. Фенотип вирулентности обозначали числом из двух цифр, каждая из которых являлась суммой реакций устойчивости (восприимчивости) дифференциаторов [7].

Фенотипическое разнообразие сборов, а также степени сходства между ними оценивали по критериям, предложенным Л. А. Животовским [3]. В том случае, если не выявлялись существенные различия между субпопуляциями по критерию идентичности, выборки сравнивали также по частотам аллелей вирулентности к конкретным генам устойчивости с использованием критерия Стьюдента [2].

Для определения достоверного объема выборки клонов патогена сравнивали выборки разного объема из одной субпопуляции (один образец, одна дата сбора) между собой.

При изучении влияния температуры на изменчивость структуры популяции *P. triticina* в лабораторных условиях интактные растения (стадия 1 – 2 листьев) восприимчивого сорта мягкой пшеницы Ленинградка заражали сборной популяцией патогена (смесь сборов из Северо-Западного региона и Северного Кавказа) и инкубировали при различных температурных режимах (табл. 1). Через 7 сут после инокуляции собирали ржавчину с пораженных растений и использовали для заражения растений сорта Ленинградка при тех же условиях внешней среды (один цикл субкультивирования). Всего провели 4 цикла субкультивирования патогена, после чего изучили вирулентность монопустульных изолятов гриба к линиям-дифференциаторам. Анализ структуры искусственных субпопуляций проводили с использованием вышеприведенных критериев.

Таблица 1. Режимы субкультивирования популяции *P. triticina* на интактных ювенильных растениях сорта мягкой пшеницы Ленинградка

Номер режима	Условия субкультивирования
1	7 сут, 21°С
2	7 сут, 15°С
3	24 ч 15°С, 6 сут 21°С
4	7 сут, 18°С
5	7 сут, 25°С
6	24 ч 25°С, 6 сут, 21°С

Результаты

При сравнении выборок, содержащих различное количество клонов возбудителя листовой ржавчины, из одного сбора в 2007 г. для двух популяций выявили, согласно критерию идентичности, достоверные различия между выборками при анализе 25 либо 50 изолятов (табл. 2).

Таблица 2. Критерии сходства (r) и идентичности (I) для выборок *P. triticina* различного объема из двух популяций паразита (2007 г.)

Сравниваемые сборы (место сбора, сорт, дата)	Количество клонов, шт.	r	I
ДОС ВИР, Siete Cerros, 30.06 – ДОС ВИР, Siete Cerros, 30.06	10	0,24	15,34
	25	0,52	27,52
	50	0,44	75,51**
	100	0,96	10,08
ПФ ВИР, Саратовская 29, 07.08 – ПФ ВИР, Саратовская 29, 07.08	10	0	20,0
	25	0,51	33,71*
	50	0,61	42,17
	100	0,93	13,7

* Различия достоверны при P > 0,95;

** различия достоверны при P > 0,99.

При изучении 10 – 50 клонов выявляются существенные различия между выборками одного сбора по частотам вирулентности к 1 – 2 генам устойчивости пшеницы к листовой

ржавчине (табл. 3). Различия между выборками были несущественны по двум критериям сравнения, если в каждой анализировали 100 изолятов патогена.

Таблица 3. Значения критерия Стьюдента для разности частот клонов *P. triticina*, вирулентных к линиям с *Lr* генами, в выборках различного объема из одной популяции, 2007 г.

Сравниваемые выборки (место сбора, сорт, дата)	Клоны, шт.	td, линия с геном *Lr*					
		1	*2а*	*2б*	*20*	*23*	*19*
ДОС ВИР, Siete Cerros, 30.06. – ДОС ВИР, Siete Cerros, 30.06.	10	0,87	0,45	3,18**	1,96	2,45*	2,45*
	25	0,84	1,46	2,68*	1,01	2,49*	2,14*
	100	0,56	0,29	1,31	0,98	0,73	0,66
ПФ ВИР, Саратовская 29, 07.08. – ПФ ВИР, Саратовская 29, 07.08.	10	4,2**	0	1,09	0	0,43	1
	50	0,99	1,89	3,15**	0,89	1,45	0,71
	100	0,28	0,86	0,57	0,43	0	0,51

* Различия достоверны при P > 0,95.
** Различия достоверны при P > 0,99.

В течение двух лет в двух регионах наблюдали изменение показателей фенотипического разнообразия субпопуляций возбудителя листовой ржавчины пшеницы, собранных с одного генотипа растения-хозяина в разные сроки вегетации. Во всех случаях отмечена смена доминирующего фенотипа, выявлены значимые различия по среднему числу фенотипов в 2007 г. между сборами с сорта Siete Cerros на поле ДОС ВИР и сборами с сорта Саратовская 29 на поле ПФ ВИР (табл. 4). Различия по показателю «доля редких фенотипов» были несущественны для всех сравниваемых выборок клонов, собранных с одного образца пшеницы.

Из 6 пар сравниваемых между собой сборов клонов *P. triticina* в трех случаях показатели сходства между субпопуляциями, собранными с одного образца в разные сроки, значимо отличались от 1 (табл. 5.). Для трех пар сравниваемых сборов различия были статистически недостоверны согласно критерию идентичности.

Таблица 4. Фенотипическое разнообразие субпопуляций возбудителя бурой ржавчины пшеницы по вирулентности к почти-изогенным линиям сорта пшеницы Тэтчер

Сбор (образец, дата)	Изучено клонов, шт.	Число фенотипов вирулентности	Доминирующий фенотип	Частота доминирующего фенотипа	Среднее число фенотипов	Доля редких фенотипов
ДОС ВИР, 2007 г.						
Siete Cerros, 22.06	103	26	23	0,14	21,79±0,94*	0,16±0,04
Siete Cerros, 30.06	200	35	73	0,12	29,91±1,35	0,17±0,03
ПФ ВИР, 2007 г.						
Саратовская 29, 01.08	100	24	23	0,16	21,06±0,79*	0,12±0,03
Саратовская 29, 07.08	200	34	73	0,19	27,19±1,35	0,20±0,03
ДОС ВИР, 2008 г.						
к-23731, 03.06	101	23	43	0,22	19,28±0,84	0,16±0,04
к-23731, 11.06	104	30	63	0,17	23,31±1,22	0,23±0,04
к-31474, 03.06	105	37	33	0,09	32,75±1,61	0,11±0,03
к-31474, 11.06	102	34	73	0,19	27,96±1,29	0,18±0,04
ПФ ВИР, 2008 г.						
к-28683, 07.08	104	29	43	0,15	23,93±1.08	0,17±0,04
к-28683, 24.08	101	25	3	0,20	21,60±0,85	0,14±0,03

Сбор (образец, дата)	Изучено клонов, шт.	Число фенотипов вирулентности	Доминирующий фенотип	Частота доминирующего фенотипа	Среднее число фенотипов	Доля редких фенотипов
к-48548, 07.08	104	23	13	0,21	18,10±0,92	0,21±0,04
к-48548, 24.08	103	26	2	0,17	19,48±1,11	0,25±0,04

* Различия между сборами с одного образца существенны при P > 0,99.

Таблица 5. Критерии сходства (r) и идентичности (I) для сборов клонов *P. triticina* с одного образца пшеницы

Сравниваемые сборы (образец, дата)	r	I
ПФ ВИР, 2007 г.		
Саратовская 29, 01.08 – Саратовская 29, 07.08	0,71	45,62
ДОС ВИР, 2007 г.		
Siete Cerros, 22.06 – Siete Cerros, 30.06	0,80	48,61
ДОС ВИР, 2008 г.		
к-23731, 03.06 – к-23731, 11.06	0,74	70,06*
к-31474, 03.06 – к-31474, 11.06	0,83	48,03
ПФ ВИР, 2008 г.		
к-28683, 07.08 – к-28683, 24.08	0,71	79,05*
к-48548, 07.08 – к-48548, 24.08	0,76	80,32*

* Различия достоверны при P > 0,99.

Однако по показателю критерия Стьюдента для разности генеральных долей частот аллелей вирулентности и для этих сборов различия достоверны (табл. 6). Так, наблюдаются существенные различия между июньскими сборами с сорта Siete Cerros на поле ДОС ВИР в 2007 г. по частотам вирулентности к генам устойчивости *Lr1, Lr2a, Lr23* и *Lr26*; между сборами в Пушкине в 2007 г. – по частотам вирулентности к генам *Lr20* и *Lr23*; в Дербенте в 2008 г. между сборами с образца к-31474 – по частотам вирулентности к генам *Lr1, Lr2a, Lr20* и *Lr23.*

При анализе двух сборов (23 июля и 3 августа 2008 г.) возбудителя ржавчины с образца октоплоидного тритикале к-85 выявили смену доминирующего фенотипа вирулентности

Таблица 6. Характеристика по вирулентности субпопуляций *P. triticina*, собранных с одного образца пшеницы в разные сроки

Сбор (образец, дата)	Частота клонов, вирулентных к линиям пшеницы с геном устойчивости					
	Lr1	*Lr2a*	*Lr26*	*Lr23*	*Lr20*	*Lr19*
ДОС ВИР, 2007 г.						
Siete Cerros, 22.06	0,32	0,46	0,21	0,49	0,51	0,06
Siete Cerros, 30.06	0,53	0,60	0,41	0,80	0,64	0,10
td	2,99**	2,02*	3,08**	4,98**	1,79	1,16
ПФ ВИР, 2007 г.						
Саратовская 29, 01.08	0,41	0,35	0,41	0,62	0,45	0,05
Саратовская 29, 07.08	0,37	0,30	0,36	0,82	0,77	0,04
td	0,53	0,66	0,62	3,20**	4,94**	0,31
ДОС ВИР, 2008 г						
к-31474, 03.06	0,40	0,52	0,36	0,79	0,53	0,15

к-31474, 11.06	0,61	0,70	0,40	0,88	0,66	0,17
td	4,35**	3,89**	0,84	2,55*	2,8**	0,40

* Различия достоверны при P > 0,95.
** Различия достоверны при P > 0,99.

(фенотип 73 в июле и 43 – в августе); различия по среднему числу фенотипов и доле редких фенотипов были несущественны. Обнаружены достоверные различия по частотам аллелей вирулентности к 5 из 6 используемых для дифференциации клонов возбудителя болезни линий с генами устойчивости к листовой ржавчине (табл. 7). Согласно критерию идентичности (I = 84,43) субпопуляции существенно различаются (P > 0,99).

Таблица 7. Характеристика по вирулентности к почти-изогенным линиям пшеницы субпопуляций *P. triticina*, собранных на поле ДОС ВИР в 2008 г. с образца тритикале

Сбор (образец, дата)	Частота клонов, вирулентных к линиям пшеницы с геном устойчивости					
	Lr1	*Lr2a*	*Lr26*	*Lr23*	*Lr20*	*Lr19*
к-85, 23.07	0,50	0,66	0,70	0,94	0,94	0,01
к-85, 03.08	0,1	0,27	0	0,82	0,84	0
td	6,81*	6,06*	15,12*	2,66*	2,29*	0,94

* различия достоверны при P > 0,95.

Все субпопуляции, сформировавшиеся после четырех субкультивирований исходной популяции патогена на восприимчивом сорте пшеницы при различных режимах температуры в лабораторных условиях, достоверно отличались от «стандартной» (режим 1) согласно критерию идентичности (табл. 8).

Кроме того, были достоверны различия при повышенной (25°С) температуре между сформировавшейся при постоянном паразитировании субпопуляцией и субпопуляцией, полученной после четырех циклов субкультивирования исходной популяции при режиме 6 (воздействие высокой температуры только в течение первых суток после заражения растений ржавчиной). Аналогично, субпопуляции режимов 2 (постоянное паразитирование при пониженной температуре 15°С) и 3 (воздействие низкой температуры в течение суток после инокуляции растений возбудителем) достоверно различались согласно критерию идентичности (см. табл. 8).

Таблица 8. Критерии сходства (r) и идентичности (I) для субпопуляций *P. triticina*, сформированных в результате четырех циклов культивирования исходной популяции на восприимчивом сорте в при разных температурных режимах

Сравниваемые режимы культивирования	r	I
1 – 2	0,80	56,91*
1 – 3	0,78	57,45*
1 – 4	0,69	90,06**
1 – 5	0,55	121,01**
1 – 6	0,74	67,52**
2 – 3	0,77	60,31*
5 – 6	0,65	88,63**

* Различия достоверны при P > 0,95.
** Различия достоверны при P > 0,99.

Выявлены значимые различия между субпопуляциями по частотам фенотипов вирулентности, доминирующие в какой-либо выборке (рис. 1).

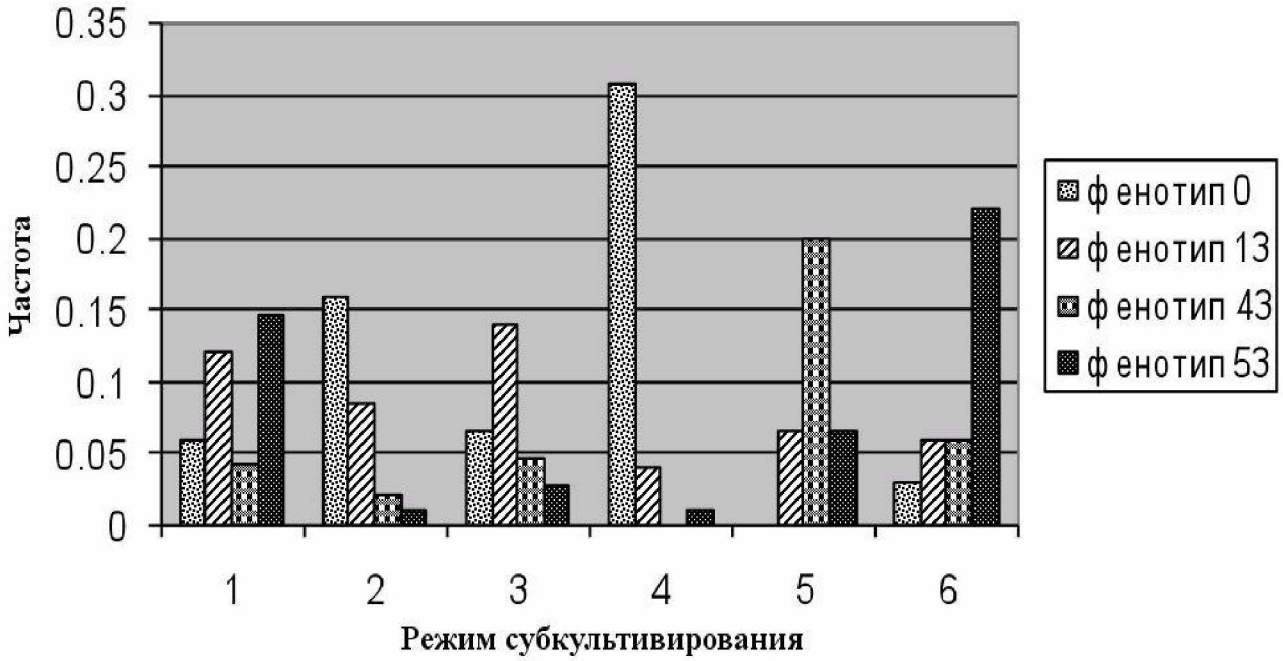


Рис. 1. Частоты доминирующих фенотипов вирулентности в субпопуляциях *P. triticina*, сформированных после четырех циклов субкультивирования исходной популяции при различных температурных режимах

Обсуждение

Несмотря на многочисленные популяционные исследования возбудителя листовой ржавчины пшеницы, в отечественной и иностранной литературе отсутствуют сведения о минимальной выборке клонов, анализ которой позволяет делать достоверные выводы о частотах фенотипов вирулентности в конкретной популяции, степенях сходства между популяциями и субпопуляциями. Результаты настоящей работы показывают, что при использовании методов сравнения популяций *P. triticina*, основанных на вычислении показателей «частота клонов, маркированных определенным признаком», «частота доминирующего фенотипа вирулентности», «среднее число фенотипов вирулентности», «доля редких фенотипов» и «показатель сходства между популяциями», минимальный эффективный объем выборки – около 100 клонов. При меньших объемах могут выявляться существенные различия между выборками из явно одной генеральной совокупности (популяции).

Результаты изучения природных популяций *P. triticina*, собранных с образцов мягкой пшеницы, по признаку вирулентности к линиям сорта Тэтчер указывают на то, что на одном генотипе растения-хозяина в течение сезона его вегетации генетическая структура популяции патогена не является постоянной: значимая сезонная изменчивость в течение очень короткого промежутка времени (6 – 17 дней) показана для 6 субпопуляций в двух регионах России. В отечественной литературе имеются указания на сезонную изменчивость *P. triticina* [1, 4–6]. Следует отметить, что в данных работах анализ проводили на относительно небольшой выборке клонов паразита; кроме того, достоверность отличий между сборами клонов возбудителя ржавчины не была доказана статистически.

Можно предположить, что динамика структуры популяции патогена на одном сорте в течение короткого промежутка времени обусловлена постоянной иммиграцией уредоспор с растущих рядом генотипов хозяина и/или вызвана изменением относительной жизнеспособности клонов паразита под воздействием абиотических факторов. Два факта указывают на то, что абиотические факторы среды вносят важный вклад в сезонную изменчивость *P. triticina.* В конце июля – начале августа 2008 г. на поле ДОС ВИР из злаковых культур рос только один полуозимый образец тритикале к-85, из-за очень высокой температуры и дикорастущие хозяева *P. triticina* к этому времени закончили цикл вегетации,

вследствие чего только влиянием факторов среды возможно объяснить изменение структуры паразитирующей на этом образце популяции патогена.

Очевидно, что в модельном лабораторном эксперименте такой фактор изменчивости как миграция отсутствовал, но выявлены статистически значимые различия между субпопуляциями, сформировавшимися при паразитировании при различных температурных режимах. Эти отличия могут быть объяснены только неодинаковой относительной жизнеспособностью генотипов патогена при разных температурах. Отличия в структуре субпопуляций, сформировавшихся при постоянном паразитировании при повышенной либо пониженной температурах, а также подвергавшихся этим температурам только в 1-е сут после инокуляции растений, доказывают, что температура влияет как на успех заражения конкретным генотипом патогена, так и на его дифференциальное развитие в тканях хозяина.

С практической точки зрения, полученные результаты указывают на необходимость многократных сборов *P. triticina* в одном регионе в качестве инокулюма при идентификации высокоустойчивых к листовой ржавчине образцов пшеницы; при использовании для инокуляции уредоспор, собранных однократно, в выборке могут отсутствовать либо присутствовать (только с низкой частотой) клоны патогена, часто встречающиеся в других сборах. Так, например, при использовании в качестве инокулюма августовского сбора с образца тритикале к-85 образцы пшеницы с генами устойчивости *Lr1, 26* и *19* были бы классифицированы как резистентные, хотя очевидно, что формы с первыми двумя генами в полевых условиях Дагестана были бы восприимчивыми.

Работа поддержана РФФИ (грант 09-04-00786).

Литература

1. *Дмитриев А. П.* Влияние погодных факторов на концентрацию генов вирулентности *P. recondita* Rob. ex. Desm. // Генетика. 1977. Т. 13. С. 415–422.
2. *Доспехов Б. А.* Методика полевого опыта. М.: Колос, 1979. 416 с.
3. *Животовский Л. А.* Показатели популяционной изменчивости по полиморфным признакам // Фенетика популяций. М.: Наука, 1982. С. 38–44.
4. *Лесовой М П.* Факторы, определяющие доминирование рас в популяции возбудителя бурой ржавчины пшеницы // Микол. и фитопатол. 1979. Т. 13. С. 131–136.
5. *Михайлова Л. А., Гультяева Е. И., Мироненко Н. В.* Методы исследования генетического разнообразия популяций возбудителя бурой ржавчины пшеницы *Puccinia recondita* Rob. f. sp. *tritici*. СПб.: ВИЗР, 2003. 24 с.
6. *Михайлова Л. А., Метревели Т Г.* Влияние неспецифической устойчивости пшеницы на отбор клонов в популяции возбудителя бурой ржавчины // Микол. и фитопатол. 1979. Т. 13. С. 49–53.
7. *Михайлова Л. А., Тырышкин Л. Г.* Методические указания по изучению популяций возбудителя бурой ржавчины пшеницы и генетики устойчивости. Л.: ВИЗР, 1988. 18 с.
8. *Михайлова Л. А., Тырышкин Л. Г.* Популяции возбудителя бурой ржавчины пшеницы // Успехи соврем. генетики. 1994. Вып. 19. С. 81–95.
9. *Михайлова Л. А., Тырышкин Л. Г.* Структура популяций возбудителя бурой ржавчины пшеницы. 2. Оценка степени сходства популяций на территории СССР // Микол. и фитопатол. 1989. Т. 23. С. 458–464.
10. *Тырышкин Л. Г.* Генетика доноров устойчивости пшеницы к бурой ржавчине и усовершенствование методов дифференциации популяций возбудителя: Автореф. дис. ... канд. биол. наук. Л., 1988. 16 с.
11. *Mains E. B., Jackson H. S.* Physiological specialization in leaf rust of wheat, *Puccinia triticina* Erikss // Phytopathol. 1926. V. 16. P. 89–120.
12. *Mesterházy Á., Bartos P, Goyeau H., Niks R. E., Csösz M et al.* European virulence survey for leaf rust in wheat // Agronomie. 2000. V. 20. P. 793–804.
13. *Park R. F., Felsenstein F. G.* Physiological specialization and pathotype distribution of leaf rust of wheat in Western Europe // Plant Pathol. 1995. V. 47. P. 157–164.
14. *Park R. F., Jahoor A., Felsenstein F. G.* Population structure of *Puccinia recondita* in Western Europe during 1995, as assessed by variability in pathogenicity and molecular markers // Phytopathol. 2000. V. 148. P. 169–170.

АДАПТИВНАЯ СПОСОБНОСТЬ И СТАБИЛЬНОСТЬ КОЛЛЕКЦИОННЫХ ОБРАЗЦОВ СОРТОВ ФАСОЛИ ОВОЩНОГО ИСПОЛЬЗОВАНИЯ

Ю. А. Филимонова[1], М. А. Вишнякова[2]

[1]ООО «Крымский селекционный центр "Гавриш"», Крымск, Краснодарский край, Россия, e-mail: filia_76@mail.ru

[2]Государственный научный центр РФ Всероссийский научно-исследовательский институт растениеводства им. Н. И. Вавилова РАСХН, Санкт-Петербург, Россия, e-mail: vishnyakova@vir.nw.ru

Резюме

В статье приведены результаты исследований адаптивной способности и стабильности продуктивности 20 образцов фасоли овощной из коллекции ВИРа при различных схемах посева и густоте стояния растений. Выделены адаптивные и высокопродуктивные сорта для включения в селекционный процесс. Изучены различные варианты загущения, и предложена схема посева в селекционном питомнике как провокационный фон при отборе на стабильность и продуктивность.

ADAPTABILITY AND STABILITY OF VEGETABLE KIDNEY BEAN ACCESSIONS FROM THE VIR COLLECTION

Yu. A. Filimonova[1], M. A. Vishnyakova[2]

[1]Krymsk Breeding Centre "Gavrish" Ltd., Krymsk, Krasnodar Territory, Russia, e-mail: filia_76@mail.ru

[2]N. I. Vavilov All-Russian Research Institute of Plant Industry, St. Petersburg, Russia, e-mail: m.vishnykova@vir.nw.ru

Abstract

The paper offers the results of investigations of adaptability and stable productivity of 20 vegetable kidney bean accessions from the VIR collection. Different planting schemes and densities were applied. The most adaptive and density-tolerant accessions with stable productivity have been identified and recommended for the use in breeding. Different plant densities have been studied and a planting scheme has been proposed for application in breeding nurseries to create a provocative background for screening for stability and productivity.

Введение

Интенсификация растениеводства тесно связана с повышением потенциала онтогенетической адаптации сортов за счет селекции. Одна из важных задач адаптивных селекционных программ – сочетание в одном генотипе высокой продуктивности и устойчивости к различным экологическим факторам. Проведение отбора в наиболее благоприятных условиях может приводить к выделению сортов интенсивного типа, не обладающих экологической устойчивостью. При выращивании таких сортов на невысоком агрофоне они часто дают урожаи ниже, чем сорта полуинтенсивного типа. Поэтому актуально выявление таких средовых фонов, которые позволят быстро определить нормы реакции генотипов и выделить наиболее ценные [1, 2].

В задачу наших исследований входило – определить адаптивную способность и стабильность образцов при различных схемах посева и густоте стояния растений, и провести оценку вариантов загущения как фона для селекции.

Место проведения, материал и методы исследования

Работа выполнена в Краснодарском крае, на Крымской опытно-селекционной станции ВНИИР им. Н. И. Вавилова, в 2002-2004 годах.

Погодные условия во время вегетации растений складывались неравномерно и различались как по средней температуре воздуха, так и по количеству выпавших осадков, что позволило изучить образцы в контрастных условиях выращивания. Более благоприятные для развития растений и формирования урожайности были условия 2003 г.

Материалом для исследования послужили образцы фасоли (*Phaseolus vulgaris* L.) из коллекции ВИР последних лет поступлений, ранее в данном регионе не оцениваемых. В качестве стандарта использовали районированный сорт Диалог.

Расчет параметров адаптивности генотипов и параметров среды как фона для селекции проведен по методике А. В. Кильчевского и Л. В. Хотылевой [2] на 20 образцах, предварительно выделенных как наиболее приспособленные к местным условиям, в четырех искусственно созданных средах – селекционный фон. Для этого использовали различные схемы посева и густоту стояния растений в течение двух лет (2003-2004 гг.). Схемы размещения сортов в опыте: I вариант (контроль) – 42 × 10 см, 238 000 растений/га, II вариант – 40 × 5 см, 500 000 растений/га, III вариант – 20 × 10 см, 500 000 растений/га, IV вариант – 20 × 5 см, 1 000 000 растений/га.

Оценка сортов по параметрам адаптивности и стабильности при различных схемах посева осуществлялась на основе продуктивности (масса бобов в фазу технической спелости с растения, г).

Результаты и обсуждение

Связь между продуктивностью и стабильностью

Во всех вариантах опыта образцы различались по свойствам адаптивности и при сильном загущении (IV вариант) все образцы снижали продуктивность.

По результатам двухфакторного дисперсионного анализа сорта по продуктивности относительно стандарта разделились на две группы: продуктивные – 12 сортов и низкопродуктивные — 8 сортов. Среди сортов первой группы наибольшими эффектами ОАС (общей адаптивной способности) отличались Забава, Nomad, Славянка, Загадка и Диалог, из них Nomad, Славянка, Забава формировали максимальную среднюю продуктивность во всех вариантах (табл. 1).

Таблица 1. Параметры адаптивности и стабильности сортов фасоли овощной (Крымская ОСС ВИР, 2003-2004 гг.)

№ по кат. ВИР	Сорт	$\bar{x}$ i	OACi	CACi	Sgi, %	*bi*	СЦГi
14401	*Диалог (стандарт)*	47,7	9,3	17,82	37,3	1,24	20,89
15356	Забава	55,1	16,6	19,6	35,6	1,43	25,55
15281	Nomad	52,8	14,4	22,03	41,4	1,37	19,93
15231	Славянка	52,3	13,9	17,44	33,3	1,36	26,07
15208	Empress	45,5	7,0	15,61	34,3	1,18	21,93
15256	Загадка	45,5	10,1	18,48	38,0	1,26	20,70
14400	Чайка	43,0	4,6	14,63	33,9	1,12	21,01
15214	Sensation	42,9	4,4	16,09	37,5	1,11	18,60
13646	Олтын	41,3	2,8	8,05	19,5	1,07	31,14
14696	Vaillant	39,9	1,5	20,15	50,3	1,04	19,60
13535	Trelanel	38,2	-0,2	13,32	34,8	0,99	18,19
15175	Весточка	35,5	-2,9	9,56	26,9	0,92	21,16
15366	Royal Burgundy Purple Pod	32,9	-5,5	10,94	33,2	0,86	16,48
15213	Garden Green	30,8	-7,7	9,57	31,1	0,80	16,35
15359	Brilliant	30,5	-7,9	13,52	44,2	0,79	10,18
15371	PI-164093	28,4	-10,1	9,00	31,7	0,73	14,80
15336	Tenderwhite resistant BCMV	28,1	-10,3	6,33	22,4	0,73	18,64
13542	Doranel	27,6	-10,9	9,21	33,4	0,71	13,69
15245	Oxy	26,8	-11,7	10,42	38,9	0,70	11,07
14393	Apci	21,0	-17,5	12,40	19,0	0,54	19,13
	НСР $_{05}$	**12,6**	-	-	-	-	-

$\bar{x}$ i – среднее значение сорта (г/растение); OACi – общая адаптивная способность сорта; CACi – специфическая адаптивная способность; Sgi – относительная стабильность; bi – пластичность или отзывчивость (коэффициент регрессии на среду); СЦГi – селекционная ценность генотипа (сорта).

Данные образцы при отборе на общую адаптивную способность являются лучшими, но в то же время они имеют высокую вариансу САС (специфической адаптивной способности), то есть отличаются наименьшей стабильностью. Такие образцы относятся к сортам интенсивного типа и гарантированный высокий урожай обеспечат только в благоприятные годы. Они более других пригодны для полуинтенсивных технологий со средним уровнем энергозатрат, но в то же время отзывчивы на улучшение условий среды.

Лучшими сортами, сочетающими высокую продуктивность и ее стабильность, оказались Олтын, Славянка и Забава. Причем последние два имели максимальную ОАС. Следовательно, несмотря на отсутствие тесной связи между продуктивностью и стабильностью, в результате индивидуального отбора из этих сортов можно получить растения с максимальной продуктивностью и высокой средовой устойчивостью. Сорт Забава, кроме того, занимает третье место по СЦГ (селекционной ценности генотипа). Среди других сортов он показал и самую высокую продуктивность, которая в среднем по опыту составила 55,1 г. Он также имеет самый высокий коэффициент регрессии (b=1,43) и более других отзывчив на улучшение условий среды. Наименьшая относительная стабильность (Sg=33,3%) характерна для сорта Славянка. Этот сорт сочетает в себе продуктивность с экологической стабильностью и занимает второе место по селекционной ценности. Сорт Олтын выделился по продуктивности и относительной стабильности (Sg), имея самый высокий показатель СЦГ.

Максимальная адаптивная способность выявлена у сорта Apci. По параметрам адаптивности ОАС к нему близки и сорта Tenderwhite resistant BCMV, PI-164093, Oxy. Но они показали низкую продуктивность во всех вариантах опыта; коэффициент регрессии данных образцов ниже единицы; они слабо отзывчивы на улучшение условий среды. Селекционная ценность данных образцов невысокая – 11,07-18,64.

Комплексная оценка вариантов загущения как фона для селекции фасоли овощной

Важным принципом адаптивной селекции и ее существенной отличительной особенностью должна быть единая стратегия сред на всех этапах селекционного процесса. Мы провели комплексную оценку четырех схем посева: I вариант (контроль) – 42×10 см, 238000 растений/га, II вариант – 40×5 см, 500000 растений/га, III вариант – 20×10 см, 500000 растений/га, IV вариант – 20×5 см, 1000000 растений/га. Для этого проанализировали продуктивность сортов в фазу технической спелости в течение двух лет. Исследования показали, что все варианты опыта (4 схемы посева × 2 года) различаются между собой как по годам исследований, так и по всем изученным параметрам и их сочетанию. Максимальную продуктивность (Dk) сорта обеспечили в средах 1, 2, 3, 4, минимальную – в 7 и 8 (табл. 2).

Таблица 2. Параметры среды как фона для отбора (Крымская ОСС ВИР, 2003-2004 гг.)

	Среда	u+Dk	Dk	σDCCk	Sek	Kek	Tk	Pk
1	2003-42×10	55,9	17,4	21,09	38,6	9,12	0,893	0,345
2	2004-42×10	52,6	14,1	15,38	29,5	4,85	0,756	0,223
Среднее		*54,3*	*15,8*	*18,24*	*34,1*	*6,99*	*0,825*	*0,284*
3	2003-40×5	40,3	1,8	17,22	43,7	6,08	0,876	0,374
4	2004-40×5	42,0	3,5	11,62	27,7	2,77	0,785	0,217
Среднее		*41,1*	*2,7*	*14,42*	*35,7*	*4,43*	*0,831*	*0,296*
5	2003-20×10	32,0	-6,5	9,14	28,6	1,71	0,896	0,256
6	2004-20×10	34,4	-4,1	6,62	19,2	0,90	0,669	0,128
Среднее		*33,2*	*-5,3*	*7,88*	*23,9*	*1,31*	*0,783*	*0,192*
7	2003-20×5	24,5	-14,0	8,01	32,7	1,31	0,852	0,279
8	2004-20×5	25,8	-12,7	5,11	19,8	1,32	0,779	0,154
Среднее		*25,2*	*-13,5*	*6,56*	*26,3*	*1,32*	*0,816*	*0,217*

u+Dk – среднее значение продуктивности (г/растение), Dk – продуктивность среды, σDCCk – варианса дифференцирующей способности среды, Tk – коэффициент типичности среды, Sek – относительная дифференцирующая способность среды, Pk – коэффициент предсказуемости среды, Kek – коэффициент компенсации среды.

Наибольшая дифференцирующая способность среды и ее типичность наблюдались на фонах 1, 2, 3, 4. Анализ показывает, что степень дестабилизирующего эффекта (Ke>1) в средах 1, 2, 3, 4 соответствует анализирующему фону (Se>20%). В средах 5 и 7 фон стабилизирующий, две среды (6 и 8) с нивелирующим действием селекционного фона (табл. 3).

Типичность среды (Tk) в вариантах нашего опыта достаточно высокая, но меняется по годам. Наибольшей типичностью обладали среды 1, 3, 5, 7. Данные показывают, что все изученные варианты загущения были типичными в 2003 г. Средовые условия по типичности выделялись в средах 3 и 4.

Согласно предварительной оценке пригодной для отбора генотипов является схема 40×5 см. Фон среды в этом варианте анализирующий (Se3;4=35,7%), он лучше других поддерживает наиболее благоприятное сочетание типичности среды и высокой продуктивности образцов, а также способствует сохранению сортовых качеств. Несмотря на то, что дестабилизирующий эффект схемы 42×10 см (к) мало отличается от DCC схемы 40×5 см, типичность среды второго варианта выше.

Схема 20×10 см также соответствует требованиям, предъявляемым к селекционным фонам, но только по параметрам Se, который в среднем по двум годам опыта соответствует стабилизирующему фону. Типичность (T5;6) и продуктивность (D5;6) данного варианта невысокая – 0,783 и 33,2, соответственно.

Меньше всего для отбора генотипов пригодна схема 20×5 см, особенно в неблагоприятные по погодным условиям годы. Данная среда обладает слабым эффектом дестабилизации (Se7;8=26,3%), низкой типичностью (T7;8=0,816), минимальными параметрами продуктивности (D7;8=−13,5) и слабым полиморфизмом (DCC7;8=6,56). Фон данной среды в неблагоприятные по погодным условиям годы может быть нивелирующим, способным угнетать жизнеспособность сортов и сглаживать различия между ними.

Влияние загущения посевов на поражаемость бактериальными болезнями

Установлено, что поражаемость большинства образцов фасоли овощной бактериальными пятнистостями усиливается по мере увеличения плотности посева. В то же время, степень поражения растений зависит от восприимчивости сорта. Нами выявлены сорта, слабо поражающиеся бактериозами, независимо от схемы и плотности посева: Забава (к-15356), Олтын (к-13646), Загадка (к-15256), Nomad (к-15281), Sensation (к-15214). Поражение растений у этих образцов во всех изученных схемах посева было слабым и не превышало 15%; у сортов Диалог (к-14400), Trelanel (к-13535), Doranel (к-13542), Весточка (к-15175), Empress (к-15208), Garden Green (к-15213), Славянка (к-15231) растения поражались в средней степени (до 35%). Сильная реакция на загущение посева была характерна для сортов Vaillant (к-14696), Brilliant (к-15359), Чайка (к-14400), Oxy (к-15245), Tenderwhite resistant BCMV (к-15336), Royal Burgundy Purple Pod (к-15366), PI-164093 (к-15371), Apci (к-14393), у которых поражение растений возрастало от 36 до 80% по мере увеличения плотности посева.

Таблица 3. Характеристика фона среды (Крымская ОСС ВИР, 2003-2004 гг.)

Среда		(Dk) продуктивность	(Sek) фон	(Tk) типичность
1	03-42×10	высокая	анализирующий	высокая
2	04-42×10	высокая	анализирующий	средняя
3	03-40×5	высокая	анализирующий	высокая
4	04-40×5	высокая	анализирующий	средняя
5	03-20×10	средняя	стабилизирующий	высокая
6	04-20×10	средняя	нивелирующий	низкая
7	03-20×5	низкая	стабилизирующий	высокая
8	04-20×5	низкая	нивелирующий	средняя

Таким образом, в результате изучения свойств адаптивности и стабильности образцов выявлены существенные различия между ними. Выделены сорта, проявившие наибольшую

адаптивную способность (толерантность к загущению), а также образцы, лучше других сочетающие высокую продуктивность и ее стабильность. Исследования схем посева как провокационного фона показали, что наиболее пригодной для селекции фасоли и отбора генотипов является схема 40 × 5 см с плотностью 500 тыс. растений/га: она лучше других может обеспечить более точное и достоверное выявление сортов с высокой продуктивностью.

Литература

1. *Жученко А.А.* Адаптивный потенциал культурных растений (эколого-генетические основы). Кишинев, 1988. 767 с.
2. *Кильчевский А.В., Хотылева Л.В.* Генотип и среда в селекции растений. МН: Наука и техника, 1989. 191 с.

К ВОПРОСУ ОБ ОЦЕНКЕ РЕАЛИЗАЦИИ ПОТЕНЦИАЛА ПРОДУКТИВНОСТИ РАСТЕНИЙ СОИ (ФЕНОТИП И МАСЛИЧНОСТЬ)

О. А. Харчук

Институт генетики и физиологии растений АН РМ, 2002, Молдова, Кишинев, ул. Пэдурилор, 20, e-mail: kharchuk.biology@mail.ru

Резюме

Масса семян является существенным фактором фенотипических различий по масличности. Зависимость «масса – масличность» определяет онтогенез следующего поколения растений. На ранних, вегетативных этапах развития рост растений интенсивнее из семян, более интенсивно накапливавших масло на последних этапах роста и наполнения семян.

CONCERNING EVALUTION OF PRODUCTIVITY POTENTIAL IN SOYBEAN PLANTS (PHENOTYPE AND OIL CONTENT)

O. A. Kharchuk

Plant Genetics and Physiology Institute of the Moldova Academy of Sciences, Chisinau, Moldova, e-mail: kharchuk.biology@mail.ru

Abstract

Seed weight is an important factor influencing phenotypic differences in oil content. The interdependence between seed weight and oil content determines ontogenesis of the next plant generation. At early vegetative development stages plant growth is more intensive from seeds which accumulated oil more quickly at the final stages of seed growth and filling.

Урожай сои строго ассоциируется с количеством семян на $1м^2$ [8], и этот компонент урожая имеет значение почти во всех случаях различий между сортами в продуктивности. Однако другим, не менее важным компонентом продуктивности является биохимический состав семян, прежде всего содержание протеина и масла. Хотя концентрация белка и масла в семенах сои генетически детерминирована, условия окружающей среды в онтогенезе семян существенно влияют на накопление (аккумуляцию) компонентов семени. Затруднительно говорить о реализации потенциала продуктивности растений сои без правильной оценки масличности семян. Содержание белка и масла в семенах сои имеет отрицательную взаимосвязь с широким диапазоном коэффициента корреляции: от r = -0,25 до r = -0,93 [4]. Сравнительное изучение генотипов *по фактору масличности* без учета фенотипической разнокачественности лимитируется тем, что на долю фенотипических факторов приходится 81%, а на долю генетических факторов – лишь 19%. При этом надо учитывать, что I этап

органогенеза растение начинает при завершении развития семени на материнском растении (Ф. М. Куперман, 1952).

Широта диапазонов корреляции во многом связана с воздействием стрессовых условий. В таких условиях (засуха, повышенные температуры) по процентному содержанию в массе семян доля белка растет, а масла падает [13]. Количественные данные по содержанию масла характеризуются отличиями не только между разными генотипами растений, но и большим разбросом между отдельными семенами растений одного сорта [2, 18]. Накопление белка затрагивается в меньшей степени, чем накопление масла, приводя к увеличению конечной концентрации белка (% сухой массы). И хотя синтез белков в семенах сои продолжается до очень поздней стадии развития семян [22], концентрация белка увеличивается не за счет увеличения синтеза белков per se. В работе Беликова, Сазоненко [2] для 9 исследованных генотипов (сортов) сои одновременно с генетической и фенотипической разнокачественностью семян по масличности *раздельно* был установлен факт фенотипической разнокачественности семян по массе (при средней массе семян в диапазоне 150 – 230 мг различия в пределах сорта достигали по весу 54 – 119 мг). Но авторы не ставили задачу установить, не связаны ли между собой фенотипические колебания массы семян и их масличности (и соответственно значения возможной зависимости для выявления природы фенотипической разнокачественности семян), а также не ставили задачу исследования возможных эффектов такой взаимозависимости (если она существует) на онтогенез вырастающих из этих семян («дочерних») растений. A priori можно предположить, что изменения в масличности семян имеют разное значение для промышленного использования зерна сои (получение масла), где последствия в определенной степени изучены и прогнозируемы [9, 13] и для посевных качеств семян, где данные весьма ограничены и неоднозначны [1, 11, 20, 21]. Эти задачи нами были поставлены в настоящей работе. Ранее нами отмечалась недостаточность анализа масличности без учета массы семян [6]. Особенно сложно программировать изменения свойств посевного материала в результате жары [21], которая в отличие от засухи представляет нерегулируемое явление. Вскоре после открытия в 1946 г. ядерного магнитного резонанса (ЯМР) [7, 17] этот метод стал основным при определении масла в семенах. Определение масличности семян методом ЯМР служит ясной, быстрой и аккуратной альтернативой традиционным жидкостным химическим методикам определения масел в семенах и быстро вошло в число международных стандартов [10, 12, 14-16, 19].

Материалы и методы

Объект исследований – соя сорта Букурия. В 2006 г. исследования проводили в условиях вегетационных опытов на открытой площадке. Растения выращивали в вегетационных сосудах на 4 и 35 кг при разных составах почвы. Площадь листьев определяли методом отпечатков [3] и по линейным размерам листовой пластинки [5]. Биометрические учеты проводили с привязкой данных к конкретным ярусам растений; анализ данных проводили по ярусам растений: отдельно по нижним (1 – 3) и верхним (4 и выше). Масличность семян определяли методом ЯМР по амплитуде эхо-сигнала при времени наблюдения 7 м/с в последовательности Хана, что соответствует Международному стандарту ISO 10565 (рис. 1). Так как ЯМР сравнительно относительный метод, перед проведением измерений должен быть получен набор калибровочных стандартов. В настоящей работе в качестве стандартов использовали воду, соевое масло, глицерин, линолевую кислоту. Определенное методом ЯМР содержание масла в соответствии с Международным стандартом ISO 10565 выражали в % сухой массы семян.

Калибровку ЯМР-релаксационного эксперимента для определения масличности индивидуальных семян сои производили построением зависимости между амплитудой спинового эха ЯМР при 7 м/с (τ = 3,5 м/с) и содержанием масла в стандартных образцах с последующим определением по калибровочной кривой коэффициента пересчета амплитуды эхо-сигнала в массу масла. Изменением усиления в приемном блоке ЯМР-релаксометр можно настроить на любой коэффициент, но логично и удобнее подбирать равным 1. При работе с

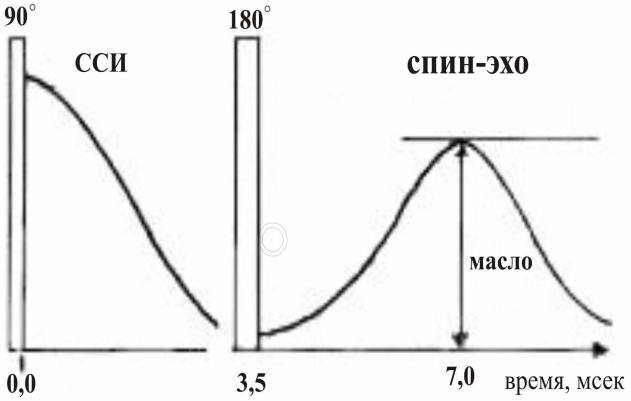


Рис. 1. Определение масла в семенах методом ЯМР-релаксации с использованием последовательности радиочастотных импульсов 90° – τ – 180° при τ 3,5 м/с по максимуму амплитуды эхо-сигнала, соответственно при времени наблюдения 2τ = 7 м/с

индивидуальными семенами сои (масса одного семени 100 – 200 мг, масличность 15-25%) содержание масла в отдельном зерне находится в диапазоне 15 – 50 мг. В соответствии с этим массу стандартов с известным содержанием протонов (в нашей работе – вода, соевое масло, глицерин, линолевая кислота) следует выбирать соответственно из интересующего диапазона.

Результаты и обсуждение

Полученные зависимости «масса – масличность» для семян разных фенотипов растений сои сорта Букурия свидетельствуют о том, что первой причиной изменения масличности под влиянием среды является изменение средней массы семян в урожае, так как приведение данных разнокачественной выборки к условно «стандартной» для сорта массе существенно устраняет различия в масличности, отражая генетическую однородность семенного материала (табл. 1). Для характеристики генотипа экспериментальную величину масличности целесообразно приводить к стандартной (одинаковой для всех генотипов) массе семян по зависимости «масса – масличность» (различной, как правило, для разных и фенотипов, и генотипов).

Таблица 1. Зависимость масличности семян от их массы для разных фенотипов сои сорта Букурия опыты 2006 – 2007 гг.

Варианты опыта	Семена сбора 2006 г. (обычного по метеоусловиям)			Семена сбора 2007 г. (экстремально жаркого)		
	Рср	Мср	$М_{140}$	Рср	Мср	$М_{140}$
Слабое хлоридное засоление (0,05% Cl^- в виде NaCl)	146	18,3 ± 0,5	17,8	81	13,8 ± 1,7	17,1
Орошение на фоне внесения в почву бентонита	166	19,5 ± 0,5	17,8	97	17,2 ± 1,2	17,9
Засуха на фоне внесения в почву бентонита	182	20,0 ± 1,2	17,9	136	17,3 ± 1,7	17,6

Примечания. $Р_{ср}$ – средняя масса одного семени (*мг*) по каждому варианту в отдельности; $М_{ср}$ и $М_{ст}$ – соответствующие значения масличности семян (*%* на сухую массу) для средней массы семян (*мг*) по каждому варианту и для «стандартизированного» (140 *мг* для всех вариантов) значения массы семян.

Для изучения влияния масличности на посевные качества семян были проведены опыты с посевом семян с предпосевно недеструктивно определенной масличностью. В первом опыте (2006 г.) из семян урожая 2005 г. выбрали контрастные по масличности): 1) низкой (9,5±2,5%) и 2) средней (17,5±0,5%). Семена с низким содержанием масла были симметричнее по форме (круглые); семена с более высокой масличностью более асимметричны по форме (продолговатые), что характерно для вызревших семян. Семена высеяли в вегетационные сосуды с одинаковой почвой. По завершении сезона определили поярусно продуктивность и листовую поверхность растений, а также массу и масличность семян (табл. 2, рис. 2).

Растения из нежирных семян раньше прекратили рост верхних ярусов, нарастили меньшую листовую поверхность и при одинаковой обеспеченности семян листовой поверхностью (27 – 28 $см^2$/семя на нижних ярусах и 18 – 20 $см^2$/семя на верхних ярусах) дали более крупные семена (225,8 *мг* против 200,3 мг) с масличностью 19,4 и 18,7%.

Таблица 2. Высота и листовая поверхность растений сои сорта Букурия при посеве семян разной масличности, 2006 г., вегетационный опыт

Масличность исходных семян, % сухой массы	Высота, см	Площадь листьев, $дм^2$		
		ярусы 1 – 3	ярусы от 4 и выше	растения полностью
Низкая (9,5±2,5)	53±6	12±2	7±2	19±4
Средняя (17,5±0,5)	63±1	16±1	10±1	26±1

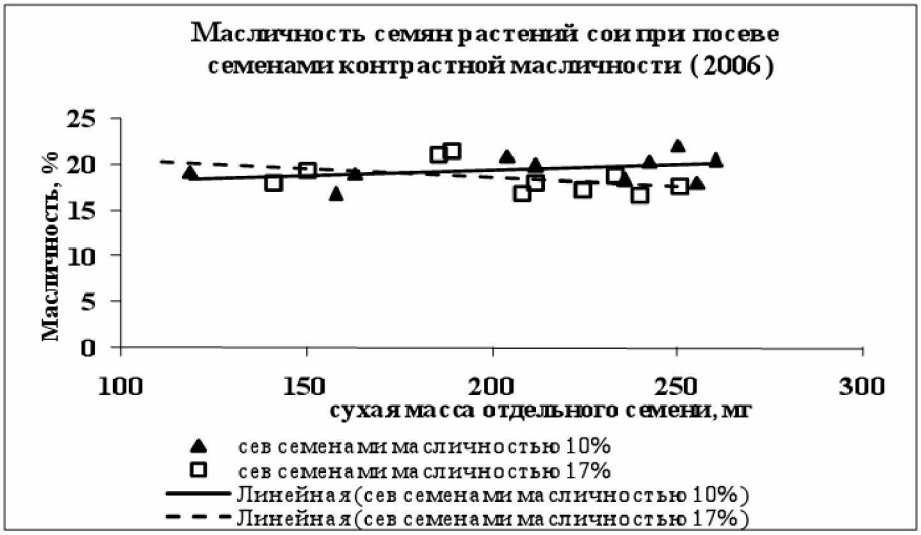


Рис. 2. Масличность семян растений сорта Букурия, выращенных при посеве семенами контрастной масличности (вегетационный опыт 2006 г.)

В другом вегетационном опыте 2006 г. генетически и фенотипически (по форме, массе и масличности) однородные семена сорта Букурия высеяли в вегетационные сосуды разного объема (от 5 до 40 кг почвы) с разным составом почвы. По результатам проведенных в 2006 г. вегетационных опытов установили контрастные по зависимости «масса – масличность» группы семян (рис. 3) и в 2007 и 2008 гг. высеяли их в поле с наблюдением за онтогенезом растений (рис. 4).

Общая закономерность состоит в том, что на первых этапах онтогенеза более сильный рост у тех растений, что вырастают из семян фенотипов растений, характеризующихся возрастанием масличности с увеличением массы семян; (интенсивно накапливающих масло на последних этапах роста и наполнения семян); и наоборот, из семян, слабо (с падением процентной масличности) накапливавших масло в процессе созревания, растения в начальных, вегетативных, этапах онтогенеза росли слабее (см. рис. 4).

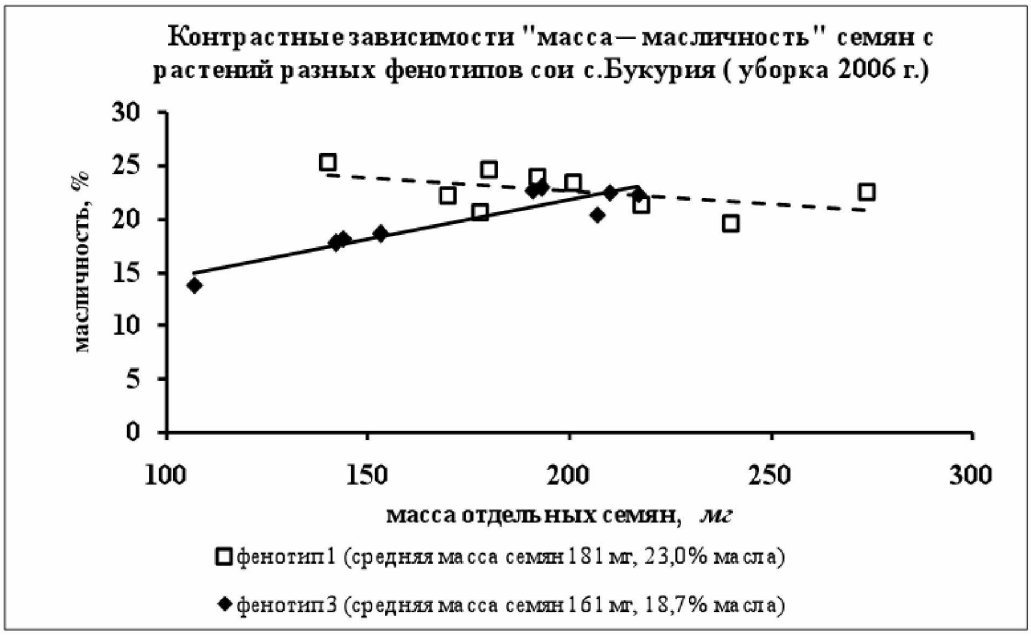


Рис. 3. Влияние различий динамики накопления масла семенами сои сорта Букурия, убранных с растений разных фенотипов в вегетационных опытах 2006 г. Для семян фенотипа 2 с рис. 4 (средняя масса 214 мг, 22,5% масла) зависимость «масса – масличность» имеет промежуточный характер (слабый рост масличности с увеличением массы семян), но не приведена для упрощения рисунка



Рис. 4. Влияние различий динамики накопления масла семенами сои сорта Букурия, убранных с растений разных фенотипов в вегетационных опытах 2006 г., на рост растений при высеве семян этих фенотипов в 2008 г. (высеяно 30 семян: левые 10 семян варианта 1, правые 10 семян варианта 3, средние – фенотипа 2)

Заключение

Фенотипические различия по масличности прежде всего связаны с разной средней массой семян и разных фенотипов. Для характеристики генотипа в конкретных условиях внешней среды экспериментальную величину масличности надо приводить к стандартной (одинаковой для всех генотипов) массе семян по зависимости «масса – масличность» (различной, как правило, для разных и фенотипов, и генотипов). Зависимость «масса – масличность» для семян конкретных фенотипов растений является критерием напряженности процесса накопления масла, а также мерой стресса, испытываемого растением в конкретных внешних условиях. Характер зависимости «масса – масличность» семян на материнском растении определяет онтогенез следующего поколения растений, вырастающих из данных семян. Растения, вырастающие из семян фенотипов растений,

характеризующихся возрастанием масличности с увеличением массы семян (интенсивно накапливающих масло на последних этапах роста и наполнения семян), на первых этапах онтогенеза отличаются более сильным ростом; и наоборот, из семян, слабо (с падением процентной масличности) накапливавших масло в процессе созревания, растения в начальных, вегетативных, этапах онтогенеза росли слабее.

Авторы выражают благодарность канд. биол. наук Будаку А. С. за предоставление генетически однородных семян сои разных сортов для проведения исследований.

Литература

1. *Акири И., Харчук О.* Применение метода ЯМР-релаксации для определения содержания масла в семенах сои // Materialele conferentei şiinţifico-metodice Invaţamantul universitar din Republica Moldova la 75 ani, Chişinau, 11 – 12 oct. 2005. V. 2. P. 102 – 105.
2. *Беликов И. Ф., Сазоненко М. К.* Определение масла в семенах сои при помощи ядерного магнитного резонанса. // ДАН СССР. 1966. Вып. 167. № 1. С. 225 – 227.
3. *Гродзинский А. М., Гродзинский Д. М.* Краткий справочник по физиологии растений. Киев: «Наукова думка», 1973. 590 с.
4. *Корсаков Н. И., Мякушко Ю. П.* Селекция сои в СССР // Тр. по прикл. бот., ген. и сел. 1976. Т. 57. С. 13 – 19.
5. *Лещенко А. К., Сичкарь В. И., Михайлов В. Г, Марьюшкин В. Ф.* Соя (генетика, селекция, семеноводство). Киев: «Наукова думка», 1987. 256 с.
6. *Харчук О. А., Акири И., Будак А. Б., Кириллов А. Ф., Тома С. И., Баштовая С. И., Козмик Р. А.* Применение метода ЯМР в изучении фенотипического и генотипического разнообразия сои по показателю масличности семян // Ген. ресурсы культ. раст. в XXI веке: состояние, проблемы, перспективы (тез. докл. II Вавиловской Междунар. конф.). СПб., 26 – 30 ноября 2007. ВИР, 2007. С. 365 – 366.
7. *Bloch F., Condit R. I., Staub H. H.* Neutron Polarization and Ferromagnetic Saturation // Phys. Rev. 1946. V. 70. P. 972 – 973.
8. *De Bruin J. L., Pedersen P.* Growth, Yield and Yield Component Changes among Old and New Soybean Cultivars // Agron. J. 2009. V. 101. P. 124 – 130.
9. *Dornbos Jr D. L., Mullen R. E.* Soybean seed protein and oil contents and fatty acid composition adjustments by drought and temperature, // Journ. of the Amer. Oil Chemists' Soc. 1992. V. 69 (3). P. 228 – 231.
10. *Draft* International Standarts. Intern. Stand. Org., Geneva, 1984. ISO 5511.
11. *Egli D. B., Tekrony D. M., Heitholt J. J., Rupe J.* Air Temperature During Seed Filling and Soybean Seed Germination and Vigor // Crop Sci. 2005. V. 45. P. 1329 – 1335.
12. *Gamphir P N* Application of Low-Resolution Pulsed NMR to the Determination of Oil and Moisture in Oilseeds // Trends in Food Sc. and Techn. 1992. V. 3. P. 191-196.
13. *Gibson L. R., Mullen R. E.* Soybean seed composition under high day and night growth temperatures //Journ. of the Amer. Oil Chemists' Soc. 1996. V. 73 (6). P. 733 – 737.
14. *Hahn E. L.* Spin echoes. Phys.Rev. 1950. V. 80 (4). P. 580-594.
15. *International* Standarts Organization. Oilseeds – Simultaneous Determination of Oil and Water Contents – Method Using Pulsed Nuclear Magnetic Resonance Spectroscopy // ISO Catalogue 67, Food Technology. Geneva, 1998. ISO/DIS 10565. Norm ISO 5725.
16. *Kotyk J. J., Pagel M. D., Deppermann K. L., Colletti R. F., Hoffman N. G., Yannakakis E. J., Das P K., Ackerman J. J. H.* High-Throughput Determination of Oil Content in Corn Kernels Using Nuclear Magnetic Resonance Imaging. // Journ. of the Amer. Oil Chemists' Soc.2005. V. 82. P. 855 – 862.
17. *Purcell E. M., Pound R. V., Bloembergen N.* Nuclear Magnetic Resonance Absorption in Hydrogen // Gas. Phys. Rev. 1946. V. 70. P. 986 – 987.
18. *Rotundo J. L., M. E. Westgate.* Meta-analysis of environmental effects on soybean seed composition. Field Crop Research. 2009. 110 (2). P. 147 – 156
19. *Rubel G.* Simultaneous Determination of Oil and Water Contents in Different Oilseeds by Pulsed Nuclear Magnetic Resonance // *Journ. of the Amer Oil Chemists' Soc.* 1994. V. 71. № 10. P. 1057 – 1062.
20. *Šimić B., Popović R., Sudarić A., Rozman V., Kalinović I., Ćosić J.* Influence of Storage Condition on Seed Oil Content of Maize, Soybean and Sunflower // Agric. Consp. Sc. 2007. V. 72. № 3. P. 211 – 213.

21. *Smith J. R., Mengistu A., Nelson R.L., Paris R.L.* Identification of Soybean Accessions with High Germinability in High-Temperature Environments // Crop Sci. 2008. V. 48. P. 2279 – 2288.
22. *Zhang R., Letham D. S., Parker C. W., Schroeder H., Higgins T. J. V.* Retardation of Soybean Leaf Senescence and Associated Effects on Seed Composition // J. Plant Growth Reg. 1987. V. 6. P. 15 –

ИСТОЧНИКИ ОСНОВНЫХ ХОЗЯЙСТВЕННО ЦЕННЫХ ПРИЗНАКОВ ДЛЯ СЕЛЕКЦИИ МОРКОВИ НА СЕВЕРО-ЗАПАДЕ РОССИИ

Т. В. Хмелинская, Л. В. Ермолаева, А. Е. Соловьева
Государственный научный центр РФ Всероссийский научно-исследовательский институт растениеводства им. Н. И. Вавилова РАСХН, Санкт-Петербург, Россия,

Резюме

Приводятся сведения об источниках признаков моркови по урожайности и устойчивости к вредителям, а также по биохимическим показателям. Результаты исследований (более 30 источников ценных признаков) могут быть использованы для селекции моркови на Северо-Западе России.

SOURCES OF BASIC COMMERCIAL TRAITS FOR CARROT BREEDING IN THE NORTHWEST OF RUSSIA

T. V. Khmelinskaya, L. V. Yermolaeva, A. E. Solovyeva
N. I. Vavilov All-Russian Research Institute of Plant Industry, St. Petersburg, Russia

Abstract

Data on the sources of such carrot traits, as yield, pest resistance and biochemical parameters, are presented. Results of the research (over 30 sources of valuable traits) may be used in carrot breeding programs in the Northwest of Russia.

Морковь – ценная овощная культура. Многовековая селекция этого растения шла по пути увеличения содержания в корнеплодах моркови каротина. В настоящее время известно, что бóльшая часть витамина А образуется в организме человека из провитамина А, представленного в моркови β-каротином. Широко применяют ее в лечебном питании. Ценность моркови заключается в том, что она может быть использована в течение года, благодаря большому разнообразию ее селекционных сортов.

В связи с этим возникает необходимость привлечения в селекцию генетических источников для основных направлений селекции.

Основной задачей создания новых сортов и гибридов моркови является высокое качество продукции при высокой продуктивности растений. Новые сорта и гибриды должны обладать комплексом ценных признаков, таких как скороспелость, устойчивость к абиотическим и биотическим факторам среды, улучшенный химический состав. В селекции моркови особенно эффективно использование в качестве исходного материала образцов различного географического происхождения. Основное значение при этом принадлежит исходному материалу, сосредоточенному в ВИР им. Н. И. Вавилова.

При выявлении источников различных признаков нами с 1991 по 2008 г. проанализировано около 1000 образцов моркови отечественного и зарубежного происхождения 8 сортотипов: Нантская, Шантенэ, Берликумер, Амстердамская, Амагер, Валерия, Грело, Геранда.

Результаты комплексной оценки коллекционных образцов моркови по основным хозяйственноценным признакам: скороспелости, урожайности, товарности, лежкости корнеплодов, устойчивости к вредителям и биохимическим показателям – представлены довольно детально в целом ряде работ [2, 3, 6, 7].

При проведении наших исследований применялись общепринятые методики [1, 3, 4]. Для характеристики образцов во время вегетации и хранения использованы шкалы, применяемые в ВИР.

Урожайность – очень важный признак. В табл. 1 представлены источники для селекции моркови на повышенную урожайность. Наибольшая урожайность, 4,4 кг/м^2, отмечена у образца Местная (к-2246, Чили).

Выращенный урожай необходимо сохранить, что также немаловажная задача. Известно, что количество сухого вещества в корнеплодах изменяется в процессе хранения у различных сортов по-разному (табл. 2). После 6 мес. хранения максимальное содержание сухого вещества – 18,12% – обнаружено у образца № 476 (к-2715, Дания).

Таблица 1. Урожайные образцы моркови

№ по каталогу ВИР	Сорт	Происхождение	Урожайность, кг/м^2		
			средн.	мин.	макс.
2017	Лосиноостровская 13 (стандарт 1)	Россия	3,7	1,6	4.8
1285	Шантенэ 2461 (стандарт 2)	"	3,8	1,5	5,2
2246	Местная	Чили	4,4	1,9	6,1
2694	Местная 10/162	Монголия	3,8	2,2	5,1
2711	F_1 Lindoro R.S.	Нидерланды	3,8	1,7	5,2
2712	Asmer Super Sprite	Великобритания	3,7	1,5	6,0
2725	Местная	Узбекистан	3,8	3,4	4,1
2727	Nanski	Болгария	4,2	2,9	6,7
2728	Gold Pack 28	США	3,7	2,0	6,1
2729	Corelless Amsterdam	"	3,7	2.3	5.4
2730	Chantenay Supreme Long Type 86	"	3,7	2,7	6,0
2333	F_1 Flaxton	Нидерланды	3,7	0,8	6,2

Таблица 2. Сорта моркови, выделившиеся по высокому содержанию сухого вещества в процессе хранения корнеплодов

№ по каталогу ВИР	Сорт	Происхождение	Содержание сухого вещества, %		
			1*	2	3
2017	Лосиноостровская 13 (стандарт 1)	Россия	13,78	16,02	13,70
1285	Шантенэ 2461 (стандарт 2)	"	12,78	15,15	12,00
2155	Nakamura Gosun		15,52	13,80	14,40
2327	Selbstung	Германия	15,81	19,52	16,50
2469	Formula		13,18	15,76	12,82
2713	Baby Long	"	12,72	13,38	14,54
2715	№ 476	Дания	16,98	17,36	18,12
2722		Россия	18,34	15,70	12,72
2733	Flaxton F_1	Нидерланды	17,16	17,86	12,66
	$X \pm S_X$ для всей группы сортов		14,87±0,3	14,53±0,3	12,34±0,3

*Анализ сухого вещества в процессе хранения моркови проводили в сентябре – октябре (1-й срок), в декабре – январе (2-й срок) и в мае – июне (3-й срок).

Большим резервом повышения урожайности моркови являются сорта, устойчивые к вредителям. Селекция на их устойчивость рассматривается как наиболее перспективный путь в этом направлении. Морковная листоблошка (*Trioza apicalis* Forst.) и морковная муха (*Psilla rosae* F.) – основные вредители моркови в Северо-Западном и других регионах России, а также в европейских странах в целом. В отдельные годы вредоносность этих видов настолько возрастает, что при отсутствии борьбы с ними урожай погибает. Важно отметить также, что морковь – диетический продукт, используемый в пищу в сыром виде. Поэтому возделывание устойчивых сортов этой культуры позволяет не только сохранить ее урожай, но и отказаться от химических обработок растений. Исследования осуществляли на естественном и провокационном фонах заселения вредителями по методике ВИЗР, модифицированной нами. После оценки поврежденности определяли средний балл повреждения, по которому и делали вывод об устойчивости образца к вредителям.

В зависимости от степени повреждения образцы разделили на три группы: устойчивые (балл 0,1 – 1), среднеустойчивые (2), неустойчивые (3 – 4). Среди изученных образцов выявлены источники устойчивости к морковной листоблошке (табл. 3) и морковной мухе (табл. 4), которые могут быть использованы в селекционной работе.

Известно, что устойчивость моркови к *T. apicalis* обусловлена тремя факторами: антиксенозом, антибиозом и толерантностью [1]. Необходимо заметить, что за период наших наблюдений практически все обследованные образцы (более 1000) в той или иной степени повреждались листоблошкой, хотя на поврежденность реагировали по-разному. Повреждения оказывают двоякое влияние на урожайность корнеплодов: во-первых, снижается общая урожайность, а во-вторых, товарная. Особо следует отметить сорт Asmer Early Market, который на протяжении четырех лет отличался наибольшей устойчивостью к вредителю, как в наиболее уязвимые фазы интенсивного роста.

Таблица 3. Источники устойчивости моркови к морковной листоблошке

№ по каталогу ВИР	Сорт	Происхождение	Годы наблюдений	Максимальное повреждение балл
2017	Лосиноостровская 13 (станд.)	Россия	1991 – 1995	3,0
2304	Asmer Early Market	Великобритания	1991 – 1995	1,0
2333	Caramba	Нидерланды	1991 – 1995	2,0
2348	Regol Osena		1991 – 1995	2,0
2371	Nantes Duce		1991 – 1995	1,0
2732	Fontana F_1		1991 – 1992	0,8
2300 врем.	Kazan F1		1991 – 1992	
2287	Cureba		1996 – 1997	0,7
2563	Flakker Regol	Дания	1996 – 1997	0,7
2461	Местная	Аргентина	1996 – 1997	0,8
1772	"	Россия	1996 – 1997	0,8
1718	"	Киргизия	1996 – 1997	0,9
1727	Demi Long Amsterdam	Франция	1998 – 1999	0,8
2083	Douwick	Дания	1998 – 1999	0,8
1805	St. Valery	Франция	1998 – 1999	0,7
1432	Lange Rote Stumple	Австрия	1998 – 1999	0,8

Таблица 4. Устойчивые к морковной мухе сорта моркови, Пушкин, 1992 – 1994 гг.

№ по каталогу ВИР	Сорт	Происхождение	Поврежденность	
			%	балл
2694	Местная 10/162	Россия	100	4,0
1320	Royal Chantenay	США	0,5	0,04
2139		Великобритания	1,0	0,1
2406	Feonia	Дания	6,5	0,5
2722	Местная	Россия	7,8	0,1
2020	Touchon	Канада	8,0	0,3
2245	Местная	Чили	11,4	0,5

Параллельно у части изучаемых коллекционных образцов определяли биохимический состав (сухое вещество, сахара, каротин, аскорбиновую кислоту и т. д.) по методике ВИР (табл. 5), в том числе и для дальнейшего выяснения, как влияет количество их содержания в корнеплодах на устойчивость к вредителям. Как показал корреляционный анализ, между наличием каротина и поврежденностью морковной листоблошкой существенной связи не обнаружено (коэффициент несущественный – 0,27).

Таблица 5. Сорта моркови, выделившиеся по высокому содержанию каротина в процессе хранения корнеплодов

№ по каталогу ВИР	Сорт	Происхождение	Содержание каротина, мг/100 г		
			1-й	2-й	3-й
2017	Лосиноостровская 13 (станд. 1)	Россия	4,83	11,39	15,31
1285	Шантенэ 2461 (станд. 2)	"	8,45	12,31	7,18
2327		Германия	3,73	15,09	12,31
2456	Местная	Йемен	3,99	12,80	10,43
2471	Camillo R.S. F_1	Нидерланды	5,92	11,86	11,21
2561	Suko	Великобритания	8,74	8,59	9,89
2562	Feonia Banta	Дания	7,36	20,53	11,79
2712	Asmer Super Sprite	Великобритания	5,76	6,94	11,90
2715	№ 476	Дания	10,00	17,13	16,68
2730	Chantenay Supreme Long Type 86	США	6,02	12,70	9,27
2731	Narbonne F_1	Нидерланды	7,31	18,95	12,03
2732	Fontana F_1	Нидерланды	10,12	18,06	9,57

Примечание 1, 2, 3-й – сроки хранения моркови.

Данные, полученные в результате многолетнего комплексного изучения генофонда моркови из мировой коллекции ГНЦ РФ ВИР в условиях Северо-Запада РФ, позволили выделить более 30 источников 11 хозяйственноценных признаков для основных направлений селекции.

Литература

1. *Асякин Б. П., Иванова О. В., Файзуллаев К. И., Оборнева Л. Н.* Методические рекомендации по оценке устойчивости моркови к морковной листоблошке. Л.: ВИЗР, 1990. 24 с.
2. *Ермолаева Л. В., Хмелинская Т. В.* Устойчивость моркови к морковной листоблошке и морковной мухе // Сб. науч. тр. СПГАУ. 2001. С. 132 – 134.
3. *Методические* указания ВИР // Изучение и поддержание коллекции овощных растений (морковь, сельдерей, петрушка, пастернак, редька и редис). Л., 1981.108 с.

4. *Методы* биохимического исследования растений / Под ред. А.И. Ермакова. Л.: «Агропромиздат», 1987. 430 с.
5. *Сазонова Л. В., Власова Э. А.* Корнеплодные растения: морковь, сельдерей, петрушка, пастернак, редис, редька. Л.: «Агропромиздат», 1990. 350 с.
6. *Соловьева А. Е., Ермолаева Л. В., Хмелинская Т. В.* Каталог мировой коллекции ВИР. СПб.: ВИР, 2004. Вып. 747. 25 с.
7. *Хмелинская Т. В. и др.* Каталог мировой коллекции ВИР. СПб.: ВИР, 2007. Вып. 779. 41 с.

РОЛЬ КОЛЛЕКЦИИ ВИР В СЕЛЕКЦИИ ЯРОВОГО ЯЧМЕНЯ НА КАРАБАЛЫКСКОЙ СХОС

В. А. Чудинов
Карабалыкская СХОС, Казахстан, e-mail: rgkp.karabalyk@mail.ru

Резюме

Показана роль сортообразцов коллекции ярового ячменя ВИР в создании новых высокопродуктивных сортов ячменя на Карабалыкской сельскохозяйственной опытной станции. Дано происхождение созданных районированных сортов.

THE ROLE OF VIR COLLECTION FOR SPRING BARLEY BREEDING PROGRAM AT KARABALYK EXPERIMENTAL STATION

V. A. Chudinov
Karabalyk Experimental Station, Kazakhstan, e-mail: rgkp.karabalyk@mail.ru

Abstract

The role of VIR spring barley collection for developing of new high-productive barley varieties at Karabalyk Experimental Station is shown. The pedigrees of developed varieties are given.

Официально селекция ярового ячменя на Карабалыкской СХОС начата с 1976 г., когда в тематический план исследований включили соответствующее задание и создали лабораторию селекции ячменя. Но фактически работа началась с 1974 г. с изучения обширного набора сортообразцов ярового и озимого ячменя мировой коллекции ВИР им. Н. И. Вавилова (г. Ленинград). В общей сложности с 1974 по 1987 гг. по нашим заявкам и по инициативе сотрудников отдела серых хлебов ВИР на опытную станцию поступило 1879 образцов ячменя. Естественно, что подавляющее большинство (порядка 95% всего состава) оказалось малоценным для реализации поставленной перед нами задачи: “Создать сорта ячменя для условий Северного Казахстана со стабильно высокой урожайностью в различные по увлажнению годы, устойчивые к а– и биотическим факторам среды, обладающие высоким качеством продукции”. Здесь приведено обобщенное название темы, включающее узловые требования ежегодно меняемого вышестоящей организацией текста задания темплана [4].

В результате проведенных исследований нами выявлена значительная дифференциация коллекционных образцов по количественным признакам. Выделены ценные исходные формы, используемые в селекционной работе. Изучение корреляционных связей между продуктивностью и элементами структуры урожая у коллекционных образцов и гибридных популяций, а также закономерностей изменчивости и наследования этих признаков у гибридов позволило установить наиболее ценные из них в формировании продуктивности ярового ячменя и выявить источники и доноры этих признаков.

Итогом проделанной работы явилось создание 9 сортов ярового ячменя, внесенных в Государственные реестры селекционных достижений России и Казахстана. Основу генеалогии их составляют образцы коллекции ВИР. Стоит отметить, что не все созданные

сорта получены от прямого скрещивания между коллекционными образцами. Многие из них получены от скрещиваний образцов коллекции с селекционными линиями, полученными от скрещиваний между образцами коллекции на первых этапах селекции. Так, в основу нескольких созданных нами сортов ячменя легла линия 1096-75 var. *Inerme*, полученная из популяции коллекционного образца к-19991 var. *inerme* из Эфиопии. При скрещивании линии 1096-75 (в качестве отцовской формы) с сортом Одесский 36 был получен сорт Медикум 85 var. *medicum* (Одесский 36×л-096-75), с 1989 г. районированный по всем областям Северного Казахстана, на Южном Урале и в Пензенской области. В лучшие годы площадь под этим сортом достигала 1 млн га.

От сложного скрещивания с участием линии 1096-75 (Одесский 36×л-096-75)×к-19332 Akkermans Mg. 2, nutans (Германия) получен районированный с 1996 г. сорт Карабалыкский 150 (авт. свид. № 57 от 03.04.1997 г. РК) var. *medicum*. Сорт имеет высокую зерновую продуктивность в зонах недостаточного и экстремально низкого увлажнения. Его превышение над стандартом Медикум 85 составляет 20% и более.

Наиболее широко донорские качества линии 1096-75 проявились в сорте Убаган, внесенном в Государственный реестр селекционных достижений в 2003 г.

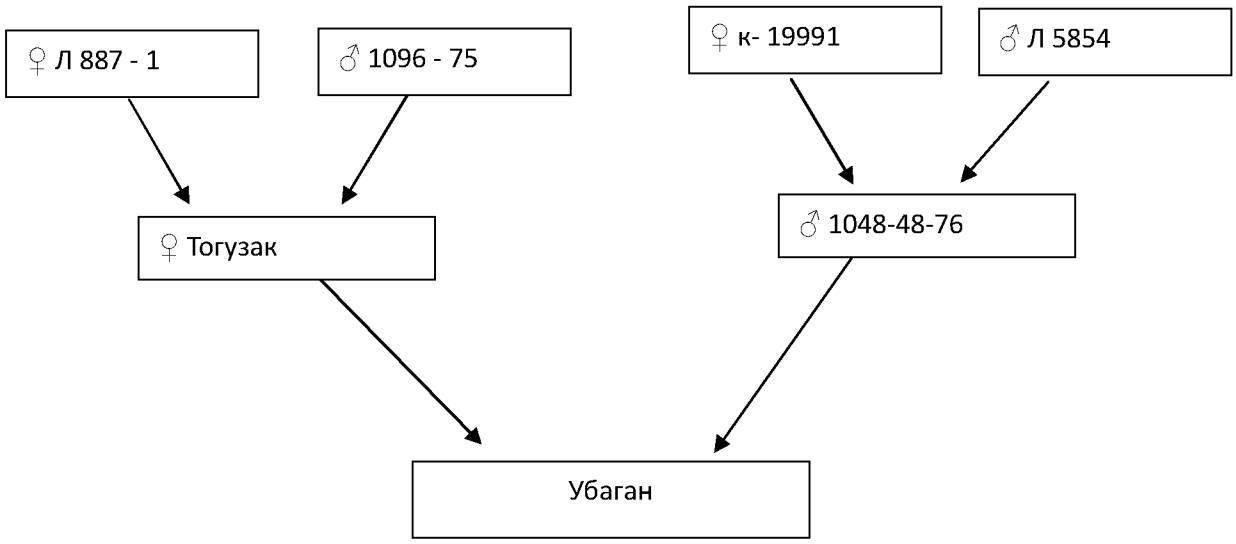


Рис. 1. Схема происхождения сорта ярового ячменя Убаган

В его происхождение эта линия входит дважды – в виде материнского (сорт Тогузак) и отцовского (л-1048-48-76) начала (рис. 1). В среднем за годы Государственного испытания (1999 – 2001 гг.) Убаган продуктивнее Карабалыкского 150 на 19,5% (3,31 против 2,77 т/га).

Линия 1096-75 сыграла важную роль в создании сортов кормового направления. Так, при скрещивании (к-21683 из Франции×1096-75) получен первый в постсоветском пространстве районированный сорт безостого ячменя Гранал. Он относится к степной экологической группе сортов. Будучи мезофитом, проявляет признаки ксерофита, так как хорошо переносит засуху. Высокий коэффициент суккулентности (до 4,9) позволяет ему легко переносить длительный дефицит влаги в почве и в воздухе. По сравнению с обычными сортами Гранал обладает ярко выраженной термофильностью, что определяет тяготение его биогеографии к аридным условиям засушливой степи. В отношении типа питания это мезотроф с элементами олиготрофа, поэтому формирует хороший урожай не только на средне-, но также и на малогумусных черноземах и на каштановых почвах. Сорт высокоустойчив к головневым заболеваниям.

Из популяции другого образца, к-21238 var. *pallidum*, (Эфиопия) выделена линия 21238-1, относящаяся к достаточно редкой разновидности *hypianthum*. В гибридной комбинации Л-21238-1×Целинный 5 (Казахстан) получена линия 2-сп-2-86, давшая начало сорту

Пастбищный (авт. свид. № 7001 от 08.02.1996 г.) var. *hypianthum* Сорт высокоустойчив ко всем болезням генеративных и вегетативных органов. Пастбищный сорт лесостепного экотипа, типичный мезофит. Оптимум его биогеографии лежит в Западно-Сибирской лесостепной почвенно-географической провинции с суммой осадков 300 – 360 мм в год. Во влагообеспеченные годы условия благоприятны также в Казахстанской степной и сухостепной провинциях.

Однако и прямые скрещивания непосредственно между коллекционными образцами также имеют смысл и конкретный результат. В результате таких скрещиваний мы получили сорт Карабалыкский 1 (к-19309, США×к-15542, Швеция). Сорт районирован с 1993 г. От скрещивания образцов коллекции ВИР к-28929 Rolust pz 476976 var. *ricotense* (США)×к-6923 Местный, var. *nigrum*, (Турция) получен сорт Рикотензе 2006 var. *ricotense*, внесенный в Государственный реестр селекционных достижений Республики Казахстан в 2009 г.

В своей работе на современном этапе мы чаще всего используем скрещивания между образцами коллекции ВИР и уже созданными на их основе сортами собственной селекции. Результатом таких скрещиваний явилось создание сортов Дружный (к-22011, Bellena×Пастбищный; районирован с 2005 года) и переданных в Государственное сортоиспытание с 2009 г. сортов Нутанс 39 (Одесский 100×Карабалыкский 150) и Тулпар (к-22011, Bellena×Тогузак).

Сорта от скрещиваний между линиями собственной селекции также имеют корни, исходящие от ВИРовской коллекции. Примером может служить Карабалыкский 110, районированный с 2010 г. и полученный от скрещивания сорта Тобол, var.*nutans* с линией 384 pc 85 var. *nutans* (рис. 2).

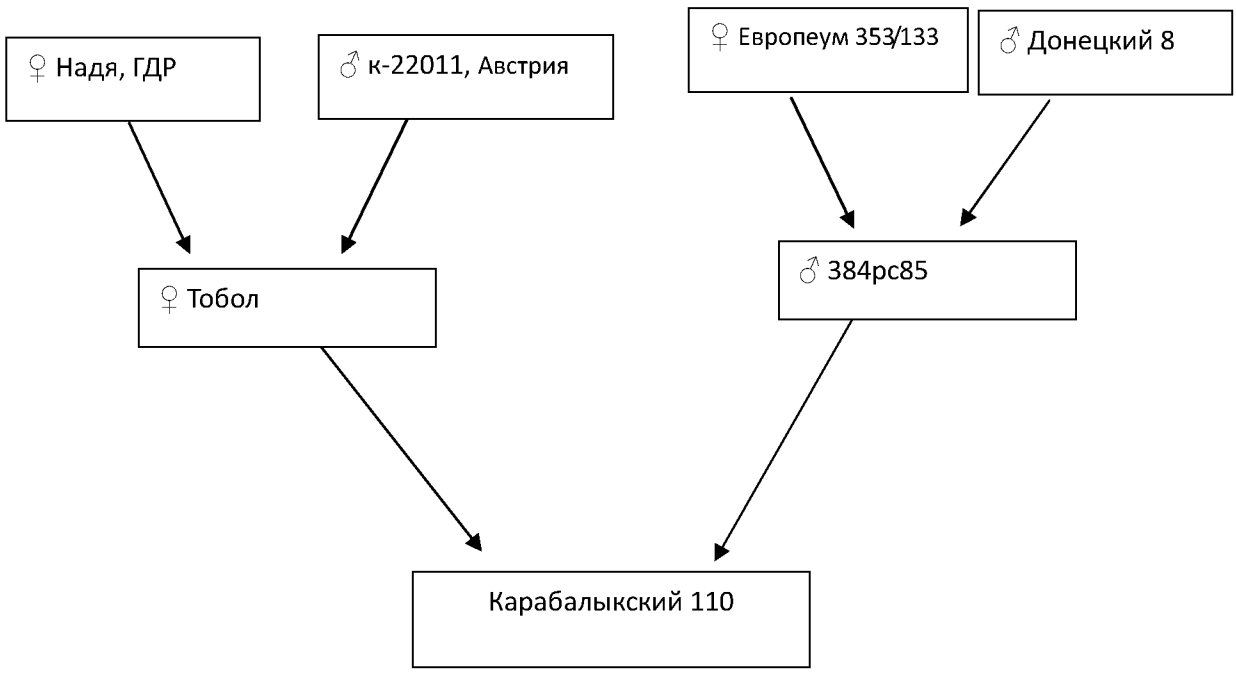


Рис. 2. Схема происхождения сорта ярового ячменя Карабалыкский 110.

В заключение предложенной статьи хочется отметить присутствие гермоплазмы коллекционных образцов ВИР практически во всех созданных на станции сортах, что говорит о высокой роли коллекционного материала для нужд селекции.

Литература

1. *Бердагулов М. А.* Источники хозяйственно ценных признаков ячменя, использование их в селекции в условиях Северного Казахстана // Дисс. на соиск. учен. степ. канд. с.-х. наук. 1994.
2. *Грязнов А. А.* Генофонд Эфиопии – диверсификатор сортимента культуры ячменя // Сел. и сем.

2001.
3. *Грязнов А. А.* Ячмень карабалыкский (корм, крупа, пиво). Кустанай, 1996.
4. *Грязнов А. А., Чудинов В. А.* Генофонд ярового ячменя на Карабалыкской СХОС // Вест. с.-х. науки Казахстана. 2000.

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ГЕНЕТИЧЕСКИХ РЕСУРСОВ ГАЛОФИТОВ В СЕЛЕКЦИИ И ФИТОМЕЛИОРАЦИИ ДЕГРАДИРОВАННЫХ ЗЕМЕЛЬ В УСЛОВИЯХ АРИДИЗАЦИИ РОССИЙСКОГО ПРИКАСПИЯ

Н. З. Шамсутдинов
Государственное научное учреждение Всероссийский научно-исследовательский институт гидротехники и мелиорации имени А. Н. Костякова, Москва, Россия, e-mail: aridland@mtu-net.ru

Резюме

Дана оценка генетическим ресурсам галофитов, представленных в более чем 250 семействах. Мировая флора охватывает свыше 2500 видов, российская – более 500. На базе созданного генофонда галофитов выведены сорта камфоросмы Лессинга Алсу (*Camphorosma lessingii* Alsu), терескена серого Фаворит (*Eurotia ceratoides* Favorite) и сведы высокой Земфира (*Suaeda altissima* Zemphira), которые используются в фитомелиорации деградированных аридных агроландшафтов.

HALOPHYTE GENETIC RESOURCES UTILIZATION IN BREEDING AND DEGRADED LANDS PHYTOMELIORATION IN ARIDIZATION CONDITIONS OF THE RUSSIAN CIRCUM CASPIAN REGION

N. Z. Shamsutdinov
A. N. Kostyakov All-Russian Research Institute of Hydraulic Engineering and Land Reclamation, Moscow, Russia, e-mail: aridland@mtu-net.ru

Abstract

Halophyte genetic resources presented by over 250 families have been evaluated. The global flora encompasses more than 2500 species with over 500 in the Russian flora. On the basis of the created halophyte gene pool, such varieties as Alsu of *Camphorosma lessingii*, Favorite of *Eurotia ceratoides* and Zemphira of *Suaeda altissima* have been bred and are currently used in phytomelioration of the degraded arid agrolandscapes.

Генетические ресурсы галофитов (galos – соль, phyton – растение), рассматриваемые в качестве объекта растениеводства, являются ценными ресурсами для восстановления деградированных земель, особенно в аридных зонах мира, где ощущается острый недостаток продовольствия. Они могут использоваться для экологической реставрации пастбищ, получения кормов, масличного и лекарственного сырья, энергии и как аккумуляторы атмосферного углерода. Галофиты могут выращиваться при орошении солеными водами (морская, подземная, коллекторно-дренажная) [3, 12].

При возрастающем расходе пресной воды ее дефицит в ближайшие годы во всех странах значительно увеличится. Это обстоятельство также диктует необходимость поиска путей использования соленых вод и аридных, преимущественно засоленных, земель для целей растениеводства. В настоящее время усиливаются работы по введению в культуру галофитов используя их для производства кормов, зернофуражного, масличного и лекарственного сырья, в качестве энергоносителей и биомелиорантов [4, 7, 14, 15].

В аридных районах России систематических исследований по проблеме изучения и освоения галофитов в практике сельского хозяйства до недавнего времени не проводилось. В этой связи возникла необходимость в целенаправленных исследованиях по мобилизации,

изучению, оценке и использованию генетических ресурсов галофитов как базы для селекции, создания экологически дифференцированных сортов и использования их в экологической реставрации деградированных земель в аридных районах Российской Федерации.

Генетические ресурсы галофитов характеризуются большим родовым, видовым, экотипическим и популяционным разнообразием.

Мировая флора насчитывает около 2000 видов галофитов [8], которые относятся к 550 родам и 120 семействам. Многие страны уже провели огромную работу по оценке внутренних ресурсов полезных галофитов. Наиболее детально эта работа проведена в малых по площади странах – Израиле, Тунисе, Кении и др. [5, 6, 11]. В США проводится большой объем исследований по интродукции и селекции галофитов [9, 13, 14]. Накопленные сведения подтверждают возможность использования галофитов для решения проблем продовольствия в аридных районах мира и улучшения окружающей среды.

Флора галофитов России насчитывает более 500 видов. Это количество видов относится к 255 родам и 55 семействам [2].

Можно выделить 15 ведущих семейств во флоре галофитов России по содержанию наибольшего количества галофитных видов в своем составе (табл. 1). Спектр ведущих семейств, содержащих наибольшее количество видов галофитных растений, образуют *Asteraceae* Dumort., *Poaceae* Barnhart, *Chenopodiaceae* Vent., *Fabaceae* Lindl., *Cyperaceae* Juss., *Ranunculaceae* Juss., *Brassicaceae* Burnett, *Lamiaceae* Lindl., *Apiaceae* Lindl., *Caryophyllaceae* Juss., *Polygonaceae* Juss., *Scrophulariaceae* Juss., *Liliaceae* Juss., *Rosaceae* Juss., *Rubiaceae* Juss. (табл. 4), которые охватывают более половины (412) всех видов флоры галофитов России. Наибольшее число видов галофитов содержится в семействе *Asteraceae*: 15,10%. Наряду с этим семейством значительное количество видов имеется в семействах *Poaceae* (62 вида), *Chenopodiaceae* (48), *Fabaceae* (34), *Cyperaceae* (30), *Ranunculaceae* (23), *Brassicaceae* (21), *Lamiaceae* (21), *Apiaceae* (19), *Caryophyllaceae* (18), *Polygonaceae* (15), *Scophulariaceae* (13), *Liliaceae* (11), *Rosaceae* (10), *Rubiaceae* (10).

Таблица 1. Количественные показатели ведущих семейств флоры галофитов России

Семейство	Количество		Доля галофитов от общего числа видов, %	
	видов	родов	видов	родов
Asteraceae Dumort.	77	36	15,10	14,12
Poaceae Barnhart	62	35	12,16	13,73
Chenopodiaceae Vent.	48	22	9,41	8,63
Fabaceae Lindl.	34	15	6,67	5,88
Cyperaceae Juss.	30	5	5,88	1,96
Ranunculaceae Juss.	23	10	4,51	3,92
Brassicaceae Burnett	21	14	4,12	5,49
Lamiaceae Lindl.	21	13	4,12	5,10
Apiaceae Lindl.	19	15	3,73	5,88
Caryophyllaceae Juss.	18	11	3,53	4,31
Polygonaceae Juss.	15	5	2,94	1,96
Scrophulariaceae Juss.	13	6	2,55	2,35
Liliaceae Juss.	11	6	2,16	2,35
Rosaceae Juss.	10	5	1,96	1,96
Rubiaceae Juss.	10	2	1,96	0,78

Анализ результатов оценки генетических ресурсов галофитов и мирового опыта освоения галофитов в культуре, а также наш опыт работы в аридных районах России показывают, что ресурсы галофитов, представленные значительным количеством видов, входящих в более чем 250 семейств, обладают не только большим диапазоном эколого-биологических характеристик, но и широким спектром возможностей хозяйственного

использования как источник кормовых, масличных, лекарственных, декоративных растений, в качестве энергоносителей и биомелиорантов [2, 4, 10].

Селекция кормовых галофитов

Использование любого генетического ресурса вида растений реализуется на основе создания сорта и организации его семеноводства.

Селекционная работа с аридными кормовыми растениями, включая галофиты, проводилась в 1970-е годы бывшим Всероссийским научно-исследовательским институтом каракулеводства (Шамсутдинов З. Ш., Назарюк Л. А.), Киргизским научно-исследовательским институтом пастбищ (Балян Г. А.), Казахским научно-исследовательским институтом пастбищ и кормопроизводства (Прянишников Н. С., Алимов А.) и завершилась созданием ряда сортов прутняка стелющегося и солянки восточной (кейреук) для экологической реставрации пустынных и полупустынных пастбищ Средней Азии.

Между тем в аридных районах России до середины 80-х годов прошлого столетия селекционная работа с аридными кормовыми растениями не проводилась. Нами, начиная с 90-х годов, совместно с отделом аридных кормовых растений ВНИИ кормов на базе созданного генофонда была начата селекционная работа с двумя полукустарниковыми галофитами: камфоросмой Лессинга, терескеном серым и однолетним травянистым галофитом – сведой высокой.

Камфоросма Лессинга (*Camphorosma lessingii* Litv.) – полукустарниковый галофит из семейства *Chenopodiaceae*. Характеризуется достаточно высокой засухо- и солеустойчивостью, хороший осенне-зимний корм для овец, лошадей и верблюдов. Поедаемость повышается от весны к осени.

Это растение произрастает в сухих степях, полупустынях, пустынях, на солонцах, по окраинам солончаков, на засоленных почвах Нижнего Поволжья, Восточного и Южного Закавказья, Арало-Каспия, в Прибалхашье, на Памиро-Алае, в пустынях Центральной Азии.

Конкретная задача селекции заключалась в создании пастбищного сорта камфоросмы Лессинга для засоленных почв Северо-Западного Прикаспия с уровнем кормовой продуктивности 1,2–1,5 т/га сухой массы и семян 80–150 кг/га, с долголетием не менее 10–12 лет, устойчивого к экстремальным факторам континентального климата полупустынь Прикаспия.

В результате многолетнего изучения и оценки 17 различных образцов камфоросмы Лессинга выявлены и отобраны перспективные популяции местного происхождения.

В ноябре 1995 г. заложен питомник конкурсного сортоиспытания камфоросмы Лессинга с участием двух образцов из Приволжского и Икрянского (стандарт) районов Астраханской обл.

Материалы по оценке и сравнению двух сортообразцов в предварительном сортоиспытании показали, что наилучшие результаты по формированию урожая кормовой массы показал образец камфоросмы Лессинга к-42 из Приволжского района (п. Начало) Астраханской обл., существенно превосходивший по сухой массе (0,3 т/га) образец к-39 из Икрянского района, по урожаю семян на 0,13; 0,22; 0,18; 0,15; 0,20 т/га соответственно по каждому году. Образец к-42 из Приволжского района получил название Алсу. Этот образец отличается высокой облиственностью (57% – в 1998 г. и 52% – в 1999 г.).

Сорт Алсу существенно превосходил стандарт по урожайности сухой массы (на 0,3–0,5 т/га) и по урожаю семян (на 12–22 кг/га). Коэффициент размножения находится в пределах 26–35 (табл. 2).

Камфоросма Алсу в первый же год жизни вступает в фазу плодоношения. Урожайность семян сорта Алсу, начиная со второго года жизни, составляет, в зависимости от условий выращивания и возраста, 22–110 кг/га, что свидетельствует о возможности ускоренного размножения и организации производства семян камфоросмы Лессинга для широкого внедрения в практику экологической реставрации аридных пастбищ.

В условиях Прикаспийской полупустыни сорт камфоросмы Лессинга Алсу при годовой

сумме атмосферных осадков 180–250 мм на светло-каштановых почвах формирует 1,3–2,3 т/га сухой кормовой массы и 80–110 кг/га полноценных семян. Сорт Алсу включен в Государственный реестр селекционных достижений, допущенных к использованию по Северокавказскому и Нижневолжскому регионам и 8 областям Российской Федерации. Сорт рекомендуется для создания долголетних осенне-зимних пастбищ в смеси с другими кормовыми полукустарниками (прутняк стелющийся, терескен серый, полынь Лерха) и многолетними травами (житняк сибирский, овсяница бороздчатая).

Терескен серый (*Eurotia ceratoides* (L.) Schrad.) – полукустарник из семейства маревых, высотой 30–150 см. Распространен в Кызылкуме, Каракуме, Арало-Каспии, Прибалхашье, на Тянь-Шане, в Западной Монголии. Характеризуется высокой засухоустойчивостью, солетолерантностью, продуктивным долголетием и хорошими кормовыми качествами. Охотно поедается овцами, крупным рогатым скотом, лошадьми и верблюдами во все сезоны года.

Таблица 2. Урожайность камфоросмы Лессинга сорта Алсу в конкурсном сортоиспытании 1996 г. посева (сухая кормовая масса и масса семян), Прикаспийский опорный пункт, 1996–2000 гг.

Год вегетации	Сорт, популяция*	№ по каталогу ВИР	Плотность растений, тыс/га	Урожайность		Коэффициент размножения
				сухой массы, т/га	семян, кг/га	
1996	St-популяция	к-39	475,8	0,1	19	6,3
	Алсу	к-42	481,5	0,2	22	7,3
1997	St-популяция	к-39	227,4	1,0	63	21,0
	Алсу	к-42	233,5	1,3	85	28,3
1998	St-популяция	к-39	225,8	1,6	70	25,3
	Алсу	к-42	230,0	2,0	88	29,3
1999	St-популяция	к-39	225,8	1,2	77	25,7
	Алсу	к-42	230,0	1,7	92	30,6
2000	St-популяция	к-39	225,8	1,8	85	28,3
	Алсу	к-42	229,3	2,3	110	35,0
В среднем за 5 лет	St-популяция	к-39	239,9	0,85	62,5	21,32
	Алсу	к-42	280,9	1,5	79,4	26,1

*Из Икрянского района.

Задача состояла в том, чтобы создать адаптированный к ультраконтинентальным климатическим и засоленно-солонцовым эдафическим условиям Северо-Западного Прикаспия высокопродуктивный, экологически и фитоценотически устойчивый сорт терескена серого.

Для решения поставленной задачи в 1995 г. на Прикаспийском опорном пункте был заложен коллекционный питомник терескена серого. Для сравнительной оценки различных образцов терескена вовлечено 16 образцов, собраных в Астраханской обл. и Калмыкии. Из этого числа образцов по продуктивности выделены образцы, собранные у окраины оз. Баскунчак, в Богдинской АОМС, Приволжском районе Астраханской обл., в пос. Промысловка Лиманского района Астраханской области, урожайность которых на второй год жизни составила 1,47–2,01 т/га, на третий – 2,57–2,38 и на четвертый – 2,51–2,73 т/га сухой кормовой массы. Анализ структуры урожая кормовой массы всех образцов терескена серого показал преимущество этих же образцов (52–54%). Они же характеризовались высокой кустистостью (45–50 побегов) и облиственностью.

Сравнительная оценка, проведенная в коллекционном питомнике пятого года посева 1995 г., показала, что по урожайности отличались образцы из районов: Наримановского – Уттинский местный и из Сарпинского: 1,24–1,28 т/га в 1997 г., 1,47–2,01 в 1998 г., 2,95–3,0 в 1999 г. и 2,51–3,28 т/га кормовой массы в 2000 г.

Питомники конкурсных сортоиспытаний терескена серого закладывались под зиму (в ноябре 1995 и 1997 гг.).

Наибольшей кормовой продуктивностью отличался во все четыре года образец к-3 из Наримановского района Астраханской обл., названный нами Фаворит, который сформировал 0,52; 0,98; 1,66; 2,9 т/га соответственно по каждому году, существенно превышая стандарт к-4 (Уттинский местный) (табл. 3).

Данные второго цикла конкурсного сортоиспытания (закладка 1997 г.) подтвердили преимущество терескена серого Фаворит над стандартом к-4 (Уттинский местный) по урожайности сухой массы и семян. Разница со стандартом составляла (т/га) по сухой массе – 0,26; 0,27; 0,35; семенам – 0,025; 0,013; 0,025. Облиственность нового сорта превышала стандарт на 4%.

Сорт терескена серого Фаворит пастбищного типа, пригоден для создания долголетних пастбищ в смеси с полукустарниковыми галофитами (прутняк стелющий, камфоросма Лессинга) и многолетними злаковыми травами (житняк сибирский, мятлик луковичный, овсяница бороздчатая) на светло-каштановых почвах полупустынной и сухостепной зон Российского Прикаспия. Сорт характеризуется высокой кустистостью, продолжительным вегетационным периодом (215–220 дней), хорошей облиственностью (54%), высокой солеустойчивостью и засухоустойчивостью, хорошей поедаемостью (65–70%) овцами, крупным рогатым скотом и верблюдами. В производственных условиях в ОПХ "Ленинское" Астраханской обл. в течение трех лет урожайность долголетних осенне-зимних пастбищ в среднем составила 2,5-2,9 т/га сухой кормовой массы.

Таблица 3. Урожайность терескена серого в конкурсном сортоиспытании 1995 г. посева (сухая кормовая масса), Прикаспийский опорный пункт, 1996–1999 гг.

Сортообразец	№ по каталогу ВИР	1-й год (1996)		2-й год (1997)		3-й год (1998)		4-й год (1999)	
		урожай-ность, г/га	разница со st	урожай-ность, г/га	разница со st	урожай-ность, г/га	разница со st	урожай-ность, г/га	разница со st
Уттинский местный, St	к-4	0,28	–	0,56	–	1,20	–	2,50	–
Из Нариманов-ского р-на	к-3	0,52	0,24	0,98	0,42	1,66	0,46	2,90	0,40
Из Калмыкии, Сарпинского р-на	к-8	0,32	0,04	0,75	0,29	1,43	0,23	2,40	0,10
$НСР_{0,05}$	–	0,47	–	1,78	–	0,57	–	0,57	–

Сорт терескена серого Фаворит включен в Государственный реестр селекционных достижений, допущенных к использованию по Северокавказскому и Нижневолжскому регионам Российской Федерации.

Сведа высокая (*Suaeda altissima* (L.) Pall.) относится к семейству *Chenopodiaceae*. Распространена она в Центральной Азии, юго-европейской части России, – Кавказе, на Сибири, Средней и Южной Европе.

Однолетний кормовой галофит, характеризуется высокой устойчивостью к засолению, хорошо отзывается на орошение соленой водой. Основная задача селекции – создание солеустойчивого сорта сведы, формирующей не менее 8–10 т/га сена при орошении соленой водой для создания запаса кормов на пастбищах для дополнительной подкормки овец и крупного рогатого скота в зимние невыпасные дни в условиях аридных зон страны.

В ноябре 2000 г. на Прикаспийском опорном пункте был заложен коллекционный питомник сведы высокой, включающий 14 образцов из различных эколого-географических районов стран Центральной Азии и России. В питомнике отбора посева 2001 г. выращивались образцы сведы, отобранные методом массового отбора с лучших популяций

перспективных номеров коллекционного питомника 2000 г. посева. В качестве стандарта высевалась природная популяция сведы высокой, собранной в Черноярском районе Астраханской обл. (с. Соленое Займище).

По продуктивности выделились образцы к-190 (окрестности г. Ашгабада), к-216 (Астраханская область, Черноярский р-н), к-225 (Калмыкия, пос. Комсомольский), к-227 (Астраханская обл., Приволжский р-н) и к-223 (Ставропольский и Левокумский р-ны), которые сформировали при двукратном орошении 9,8–14,1 т/га сена и 450–780 кг/га семян.

На основе отобранных образцов весной были заложены питомники конкурсного сортоиспытания на участках, орошаемых соленой водой (10–12 г/л) нормой в 400 $м^3$.

Таблица 4. Урожайность сведы высокой Земфира (к-227) в питомнике конкурсного сортоиспытания (сухая масса), Прикаспийский опорный пункт, 1998–2000 гг.

Образец, № по каталогу ВИР	1998 г.		1999 г.		2000 г.		Урожайность в среднем за 3 года, т/га
	урожайность, т/га	разница со стандартом	урожайность, т/га	разница со стандартом	урожайность, т/га	разница со стандартом	
к-216 St. природная популяция	8,9	–	7,0	–	7,6	–	7,8
к-227 Земфира	12,4	3,5	11,3	4,3	12,6	5,0	12,1
к-190 из Туркмении	9,3	0,4	7,5	0,5	8,1	0,5	8,3
к-225 из Калмыкии	9,9	1,0	7,2	0,2	7,5	-0,1	8,2
$НСР_{0,05}$	1,54	–	2,00	–	2,40	–	1,97

Наибольшей кормовой продуктивностью отличался образец К-227 из Приволжского района Астраханской обл., названный нами Земфира, существенно превысивший стандарт (природную популяцию к-216) по кормовой продуктивности (табл. 4).

Растения сведы сорта Земфира характеризуются высоким ростом, множеством боковых побегов, хорошей облиственностью (52%) и высокой семенной продуктивностью.

Во все три года первого цикла испытаний сорт Земфира формировал наибольшие урожаи семян, существенно превосходя стандарт (природную популяцию) на 180; 260 и 290 кг/га.

Сорт сведы высокой Земфира сенокосного типа, характеризуется ровным, рослым травостоем (110–120 см), с длительным вегетационным периодом. Отличается высокой солеустойчивостью, хорошо растет при орошении соленой водой (10–12 г/л), формируя при этом 8–12 т/га сухой кормовой массы и 600–800 кг/га полноценных семян. Коэффициент размножения сорта Земфира высок (60–80).

Сорт пригоден для сенокосного использования с целью создания в районах отгонного животноводства запаса кормов на пастбищах для дополнительного кормления животных в критические периоды (снежные и суровые зимы) их содержания. Сорт включен в Государственный реестр селекционных достижений с 2005 г. по Северокавказскому и Нижневолжскому регионам России.

Таблица 5. Агроэнергетическая эффективность создания различных пастбищных экосистем (при сроке эксплуатации 10 лет)

Тип пастбищной экосистемы	Сбор энергии, ГДж/га ОЭ	Затраты энергии (первонач. +50%), ГДж/га	АК по ОЭ	Затраты (МДж) на образование	
				1 ГДж ОЭ	1 кг сырого протеина
1. Пастбищные экосистемы весенне-летнего типа: полукустарники (терескен серый Фаворит, прутняк стелющийся, камфоросма Лессинга Алсу) ≈70% + многолетние злаковые (житняк сибирский, мятлик луковичный) ≈30%	177,3	7,89	22,5	44,5	2,90
2. Пастбищные экосистемы осенне-зимнего типа: полукустарники (терескен серый Фаворит, прутняк простертый, камфоросма Лессинга Алсу) ≈90% + многолетние злаковые травы (житняк сибирский, мятлик луковичный) ≈10%	198,0	9,34	21,2	47,2	2,98
3. Естественное полынно-травяное пастбище (контроль)	34,8	1,34	26,0	–	–

Условные обозначения:
АК – агроэнергетический коэффициент,
ОЭ – обменная энергия.

На основе использования отобранных перспективных видов и созданных сортов кормовых галофитов разработаны методы фитомелиорации деградированных пастбищных земель Северо-Западного Прикаспия.

На основании технологического регламента и нормативов затрат труда и энергии [1] рассчитаны энергетические затраты на проведение отдельных технологических операций и технологии в целом. Далее, с учетом структуры пастбищных экосистем и формируемого ими урожая, рассчитаны показатели удельного содержания основных питательных веществ и обменной энергии в фитомассе.

Принимая во внимание, что расчетный срок эксплуатации пастбищных экосистем составляет не менее 10 лет, а затраты на поддержание и их ремонт не превышают 50% от первоначальных затрат, энергетическая эффективность технологии значительно выше (табл. 5). Полученные данные показывают, что агроэнергетический коэффициент составляет 21 – 23 (при сроке эксплуатации 10 лет). Это означает, что энергетическая стоимость продукции созданных пастбищных экосистем с использованием галофитов за этот срок в 21 – 23 раза превышает затраты на их создание и поддержание; если до проведения работ по восстановлению деградированных пастбищных экосистем их урожайность в полупустынной зоне очень низка, не превышает 0,3 т/га сухого вещества, то после осуществления восстановительных работ продуктивность этих земель возрастает в 5 – 8 раз и составляет 1,5 – 2,5 т/га сухой кормовой массы.

Совокупность позитивных изменений (восстановленное биоразнообразие, повышенная продуктивность некогда бесплодных земель, оптимизированная окружающая среда) создает фундаментальные биологические, экологические и научно-организационные предпосылки для экологически ориентированного управления пастбищными экосистемами в аридных регионах России.

Заключение

Оценка генетических ресурсов галофитов и опыт освоения галофитов в культуре показывают, что ресурсы галофитов, представленные значительным количеством видов, входящих в более чем 250 семейств, обладают большим диапазоном эколого-биологических характеристик и широким спектром возможностей хозяйственного использования. На базе созданного генофонда в процессе селекционной работы созданы сорта полукустарниковых галофитовкамфоросмы Лессинга Алсу, терескена серого Фаворит и однолетнего травянистого галофита сведы высокой Земфира для применения в фитомелиорации деградированных аридных агроландшафтов.

Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ (09-05-13524).

Литература

1. *Методическое пособие* по агроэнергетической и экономической оценке технологии и систем кормопроизводства. М., 1995. 174 с.
2. *Шамсутдинов З. Ш., Савченко И. В., Шамсутдинов Н. З.* Галофиты России, их экологическая оценка и использование. М.: Эдэль-М, 2001. 399 с.
3. *Aronson J.* Economic halophytes – a global review // Plants for arid lands. Ed. G. E. Wickens et al. 1985. P. 177–188.
4. *Aronson J.* Haloph. A data base of salt tolerant plants of the World – Tucson: Office of arid lands studies. The University of Arizona, 1989. 77 p.
5. *Boyko H.* Salinity and Aridity – The Hague. Dr. W. Junk. 1966. 408 p.
6. *Forti M.* Salt tolerant and halophytic plants in Israel // Forage and fuel production from salt-affected wasteland. 1986. P. 83–96.
7. *Glenn E. P., Squires V., Olsen M., Frye R.* Potential for carbon sequestration in the dryland // Water, Air and Soil Pollution. 1993. № 70. P. 341–345.
8. *Menzel U., Lieth H.* Annex 4: Halophyte database Vers / U. Menzel // Halophyte uses in different climate. 1. Ecological and ecophysiological studies. Progress in Biometeorology. Leiden, Backhuys Publishers. 1999. V. 13. 258 p.
9. *O'Leary J. W.* Halophytes / Arizona Land and People, 1985. V. 36. № 3. 15 p.
10. *O'Leary J. W.* High productivity from halophytic crops using highly saline irrigation water // Water Today and Tomorrow. Proc. Specialty Conf. Irrigation and Drainage Division of ASCE. Fragstaff, Arizona. New York: ASCE. 1988. P. 213–217.
11. *Pasternak D. et al.* Development of new arid crops for the Negev desert of Israel // J. of Arid Environment. 1986. V. 11. № 1. P. 37–59.
12. *Pasternak D.* Fodder production with Saline water – Beer-Sheva // Israel Institutes for applied research. Ben Gurion University of the Negev, 1990. 173 p.
13. *Rhoades J. D.* The use of saline waters for crop production / J. D. Rhoades, A. Kandiah, A. M. Mashali // FAO irrigation and drainage paper. Rome. 1992. V. 48. 133 p.
14. *Yensen N. P.* International Symposium on High Salinity Tolerant Plants Summary of Papers Presented // Biology of Salt Tolerant Plants. Ohio University: Athens, 1995. P. 1–12.
15. *Yensen N. P., Fontes M. R., Glenn E. P., Felger R. S.* New salt-tolerant crops for the Sonora Desert // Desert Plants. 1981. № 3. P. 111–117.

АНАЛИЗ ПОЛИМОРФИЗМА ЗАПАСНЫХ БЕЛКОВ (СЕКАЛИНОВ) У МЕЖЛИНЕЙНЫХ ГИБРИДОВ ОЗИМОЙ РЖИ (*SECALE CEREALE* L.) В ПРОЦЕССЕ СОЗДАНИЯ НОВОГО ГЕНОФОНДА САМОФЕРТИЛЬНЫХ ЛИНИЙ

В. Е. Шимко, И. А. Гордей
ГНУ «Институт генетики и цитологии НАН Беларуси», г. Минск, Беларусь,
e-mail: V.Shimko@igc.bas-net.by

Резюме

Использование полиморфизма запасных белков как генетических маркеров позволило идентифицировать генотипы реципрокных гибридов озимой ржи. Выявлено наличие рекомбинационной изменчивости по отдельным компонентам спектра секалина у реципрокных гибридов F_2. Установлено, что у межлинейных гибридов отсутствуют некоторые компоненты секалинов исходных линий, что может быть связано с не полной экспрессией генов, детерминирующих синтез запасных белков. Отбор маркерных генотипов позволит создать новые самофертильные линии озимой ржи для использования в генетических исследованиях и практической селекции.

ANALYSIS OF STORAGE PROTEINS (SECALINS) POLYMORPHISM IN INTERLINE HYBRIDS OF WINTER RYE (*SECALE CEREALE* L.) DURING DEVELOPING NEW GENE POOL OF SELF-FERTILE LINES

V. E. Shymko, I. A. Gordei

Institute of Genetics and Cytology at NAS B, Minsk, Belarus, e-mail: V.Shimko@igc.bas-net.by

Abstract

Application of storage proteins polymorphism as genetic markers has allowed identification of genotypes in winter rye reciprocal hybrids. Recombinant variability in individual components of secalin spectrum was detected in reciprocal hybrids F_2. Some components of the parental lines secalins were found to be absent that can be associated with incomplete expression of genes determining synthesis of storage proteins. Selection of marker genotypes will enable development of new self-fertile lines of winter rye for application in genetic studies and practical breeding.

Введение

В последние годы в Беларуси развернуты исследования по генетике и селекции гетерозисных гибридов озимой диплоидной ржи на основе ЦМС. Гибридная рожь занимает значительную долю посевных площадей в ряде стран Европы. Для повышения эффективности селекции гибридной ржи первостепенное значение имеет создание нового генофонда самофертильных (Sf) линий [3,10,11].

Использование источников самофертильности, выявленных в ряде популяций ржи позволило преодолеть самонесовместимость и проявление инбредной депрессии при создании инцухт-линий как исходного селекционного материала [2,13]. На основе таких источников в настоящее время создаются коллекции селекционно-ценных линий с высоким уровнем самосовместимости и слабым проявлением инбредной депрессии.

Новым подходом повышения эффективности создания инцухт-линий как родительских компонентов гетерозисных гибридов F_1 является использование гибридных сортов ржи с генами самофертильности [1,12].

На основе источника самофертильности в ИГиЦ НАН Беларуси была создана коллекция самофертильных линий, характеризующихся высокой озерненностью при последовательном самоопылении и незначительной инбредной депрессией.

Создание генетических коллекций с множественно-маркированными линиями являются основой для проведения генетических исследований и целенаправленного использования их в селекционных программах.

Использование современных биохимических, биофизических, цитогенетических и молекулярно-генетических методов необходимо для исследования структурно-функциональной организации геномов злаков и особенностях их экспрессии [3,5,10].

Среди существующих в настоящее время методов сортовой идентификации весьма эффективными и недорогостоящими являются биохимические методы, основанные на использовании белков семян как генетических маркеров. Электрофоретический анализ белков эндосперма семян ржи (секалина) дает возможность путем позернового анализа выявить внутрисортовую изменчивость, определять состав популяций, устанавливать

типичность образца, оценивать межсортовые различия и по типам электрофоретического спектра секалина паспортизировать сорта и инбредные линии [4-6,8,9].

Поэтому целью наших исследований являлось изучение полиморфизма запасных белков у реципрокных гибридов озимой ржи в процессе создания самофертильных линий для практической селекции.

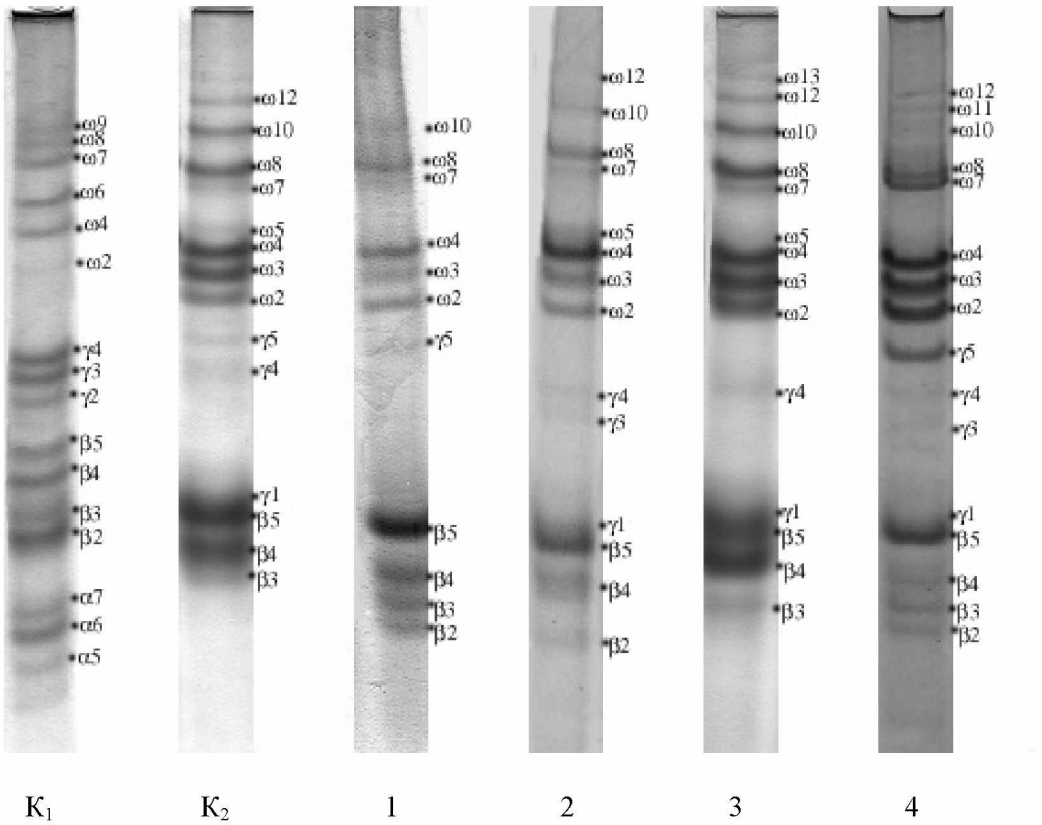
Материалы и методы

Объектом нашего исследования были самофертильные линии и реципрокные гибриды F_2 озимой ржи. Исследование и идентификацию исследуемых форм ржи проводили методом электрофоретического анализа белков эндосперма семян, разработанным в отделе молекулярной биологии ВИР [7], в нашей модификации, и стандартным арбитражным методом, включенным в Международные правила анализа семян. Для идентификации компонентов секалина исследуемых образцов использовали в качестве сортов-анализаторов рожь Ильмень (N218 по кат. ВИР), пшеницу Зарница (N54029 кат. ВИР), поскольку фракции α, β, γ, ω и отдельные компоненты этих фракций в спектрах данных сортов представлены отчетливо и хорошо идентифицированы.

Результаты исследований и их обсуждение

Известно, что изменчивость, возникающая в результате новых сочетаний, рекомбинаций при кроссинговере и взаимодействий генов при скрещиваниях служит основным источником получения новых форм растений. Для изучения полиморфизма запасных белков в процессе создания новых самофертильных линий нами были изучены реципрокные гибриды F_2 озимой ржи.

На электрофореграммах всех исследуемых форм озимой ржи хорошо идентифицируются три фракции, характерные для проламинов ржи – β, γ, и ω с четким расположением компонентов в пределах каждой фракции.



K_1 K_2 1 2 3 4

Рис. 1. Электрофореграмма запасных белков секалинов самофертильных линий озимой ржи. K_1 – контроль, пшеница Зарница; K_2 – контроль, рожь Ильмень; 1 – л26; 2 – л51-16; 3 – л23; 4 – л168

Позерновой анализ секалина показал что, родительские линии (26 и 51-16, 23 и 168) являлись низкополиморфными (рисунок 1). Изменчивость спектра секалина связана в основном с компонентами β и γ зон. В ω зоне четко представлены компоненты ω234, ω234γ5, кодируемых транслоцированным локусом хромосомы 1R. Исследуемые линии отличались по составу и степени выраженности компонентов, кодируемых локусом *Sec1*, что связано, вероятно, с различным генетическим происхождением. Для двух линий (л-23 и л-51-16) показано наличие компонента ω5. Также у исследованных линий выявлены слабоподвижные компоненты в ω-зоне (10-13), которые контролируются хромосомой 2R. Известно, что дополнительным ориентиром при сравнении спектров секалина между собой являются также компоненты β45. У всех линий присутствовали эти компоненты, различия составляли лишь по интенсивности. Наиболее полно γ зона представлена у л168, у остальных линий выявлены отдельные компоненты этой зоны.

Изучение электрофоретического спектра секалина реципрокных гибридов л26 х л51-16 выявило более 20 типов спектра секалина, 9 из которых встречались 75% исследуемого материала. У исследуемых гибридов л26 х л51-16 было выявлено только 34 - 40% родительских типов спектра секалина. Общим для спектра секалина гибридов являлось наличие компонентов ω234γ5 у большинства исследуемых растений, что указывает на более полную экспрессию генов, кодирующих локус *Sec1* (рисунок 2). Различия реципрокных гибридов выявлялись по степени выраженности отдельных полос компонентов ω234γ5.

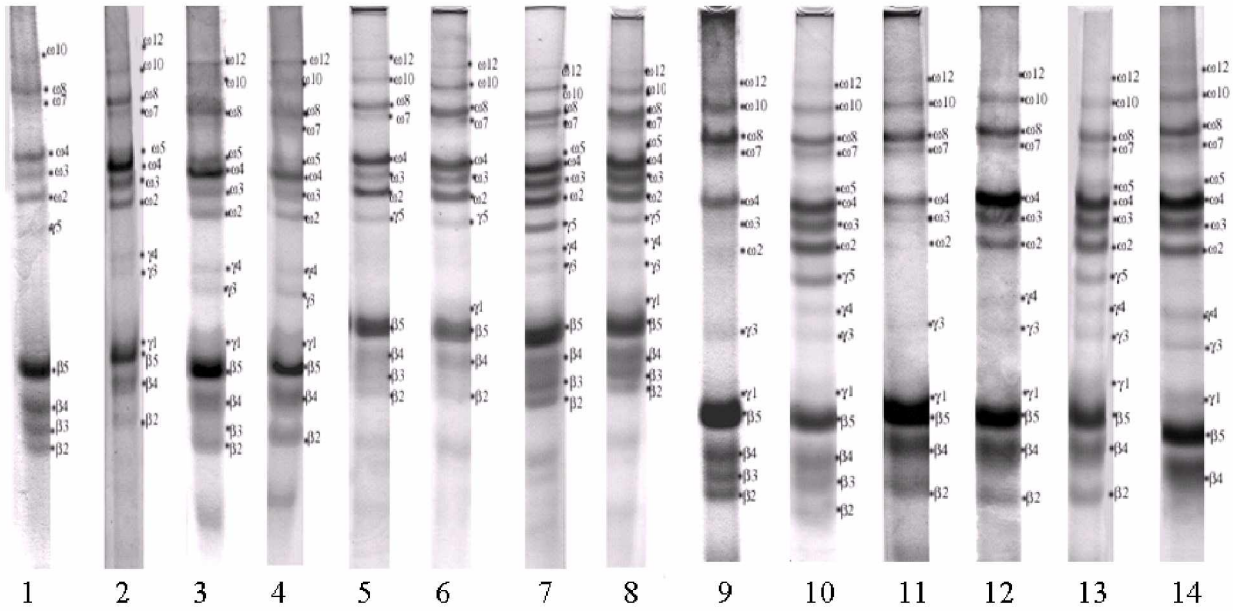


Рис. 2. Электрофореграмма запасных белков секалинов самофертильных линий и реципрокных гибридов F_2 озимой ржи. 1 – л26, 2 – л51–16, 3–8 – Гибрид л26 × л51–16, 9–14 – Гибрид л51–16 × л26

У прямых гибридов между линиями л26 и л51-16 (л51-16 использована в качестве опылителя) все три компонента ω234 были выражены очень сильно в 77% изучаемых растений, а у реципрокных гибридов данный триплет четко выявлялся только в 58%растений. Следует отметить, что у отдельных растений реципрокного гибрида компоненты ω2 и ω3 проявлялись значительно слабее, чем у родительских форм. В 13% растений гибрида л26 х л51–16 компонент ω4 был представлен двумя субкомпонентами (4_1,4). Компонент ω5 встречался в 1,8 раза чаще у прямого гибрида по сравнению с обратным, что, вероятно, связано с наличием этого компонента у исходной материнской линии (табл. 1).

Таблица 1. Частота встречаемости отдельных компонентов спектра секалина у реципрокных гибридов F_2 озимой ржи, (%)

Компоненты спектра секалина	Комбинация скрещивания			
	л26 х л51-16	л51-16 х л26	л23 х л168	л168 х л23
ω234γ5	76,7	57,5	39,9	47,2
ω5	62,5	35,0	18,8	1,9
γ1	67,5	75,8	67,4	27,8
γ3	99,4	100,0	28,3	45,4
γ4	95,0	70,0	53,6	59,3
β2	100,0	95,8	50,0	73,1
β3	65,8	56,6	89,1	85,2
$β4_1$45	45,8	68,3	58,7	38,9

У обоих гибридов в β-зоне выявлялось до 4-х компонентов. У межлинейных реципрокных гибридов присутствовали компоненты β 2,4,5. Компонент β4 был представлен двумя субкомпонентами (4_1,4) в 68% растений реципрокного гибрида, что, вероятно, связано с наличием этого компонента у исходной материнской линии. Довольно часто у обоих гибридов проявлялся компонент β3. Так у прямых гибридов β3 выявлено в 66% растений, а у обратных – 57% растений, различия обусловлены генетическими особенностями исходных родительских форм. Следует отметить, что в 8% растений гибрида л26 х л51–16 проявлялось ослабление компонента β3 и смещение его в сторону β2. В γ зоне были выявлены слабовыраженные компоненты γ1,3,4,5 у всех изучаемых гибридов, однако с разной частотой встречаемости. У гибридов, полученных при опылении линии 51-16, компоненты γ4 и γ5 встречались в 1,3 – 1,4 раза чаще, чем у растений, полученных в обратных скрещиваниях. Компонент γ1 выявлен в 67% растений прямого гибрида и в 76% растений реципрокного гибрида.

У реципрокных гибридов между линиями л23 х л168 было выявлено 26-29% родительских типов спектра секалина. Компоненты ω234γ5 были выявлены только в 39-47% исследуемых растений обоих гибридов (таблица). Различия наблюдались по степени выраженности компонентов ω2 ω3 . Слабо выраженные компоненты ω2 и ω3 наблюдали в 2 раза чаще у реципрокного гибрида (л23 использована в качестве опылителя). У гибрида л23 × л168 наблюдали компоненты ω234, представленные двумя субкомпонентами в 3 раза чаще, чем у растений, полученных в обратных скрещиваниях (рисунок 3). Выявленные различия могут быть связаны с активностью хромосомы 1R в геноме исследуемых гибридов. Компонент ω5 встречался в 10 раз чаще у прямого гибрида по сравнению с обратным, что вероятно связано с наличием этого компонента у исходной материнской линии.

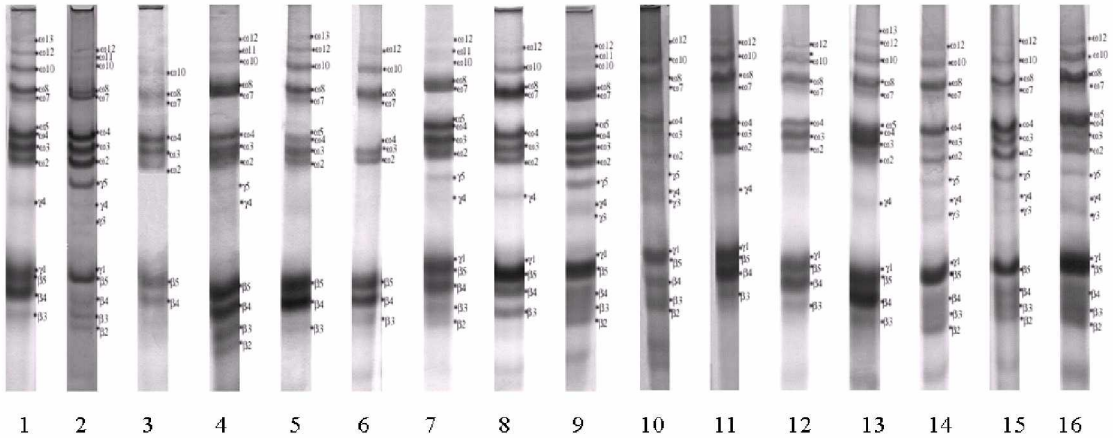


Рис. 3. Электрофореграмма запасных белков секалинов гибридов F_2 озимой ржи и их родительских форм. 1 – л23; 2 – л168; 3–9 – Гибрид л23 × л168; 10–16 – Гибрид л168 × л23

У всех гибридов между линиями 23 и 168 в β-зоне выявлялось до 4-х компонентов. При этом у прямых гибридов (л168 использована в качестве опылителя) компоненты β2, $\beta4_1$4 встречались в 1,5 раза чаще в сравнении с реципрокными. Компонент γ1 обнаружен только в 28-67% растений исследуемых реципрокных гибридов. Так, компонент γ3 встречался в 1,5 раза чаще у реципрокных гибридов, вероятно, сказывалось влияние исходной материнской формы.

В результате изучения 4 реципрокных гибридов л26 х л51-16; л23 х л168 и их родительских форм показано широкое разнообразие типов электрофоретического спектра секалина. У исследуемых гибридов выявлено более 20 типов спектра секалина, сочетающих в разной степени родительские биотипы. Частота встречаемости родительских типов электрофоретического спектра секалина составляла не более 30-40% у изучаемых реципрокных гибридов. В ω зоне были четко представлены компоненты ω234, ω234γ5, кодируемых транслоцированным локусом хромосомы 1R. Исследуемые гибриды отличались по составу и степени выраженности этих компонентов. Встречаемость компонентов ω234γ5 варьировала в зависимости от генотипа гибрида, но в обеих комбинациях скрещивания была выше у реципроков. У отдельных растений реципрокных гибридов компоненты ω2 и ω3 проявлялись значительно слабее родительских форм. Усиление или ослабление маркерной группы компонентов ω234 может быть связано с активностью хромосомы 1R в геноме исследуемых гибридов. Выявлены вариации отдельных компонентов в β-зоне у всех форм. Показано влияние материнской формы на проявление компонентов $\beta4_1$45 у реципрокных гибридов. Проведенные исследование позволили определить степень экспрессии генов, контролирующих синтез секалинов, а также выявить полиморфизм гибридных форм. Ослабление или отсутствие отдельных компонентов в спектре секалина может определяться неполнотой представленности генома в гибридном растении, что согласуется с литературными данными [3,6]. Показано, что электрофорез секалинов является достаточно надежным методом для идентификации геномов и позволяет отбирать перспективные формы для создания новых самофертильных линий озимой ржи.

Заключение

Сравнительный анализ реципрокных гибридов, полученных с использованием самофертильных линий озимой ржи, позволил выявить генотипические и реципрокные различия гибридных форм по отдельным компонентам спектра секалина. Отсутствие некоторых компонентов секалина исходных линий у межлинейных гибридов F_2 может быть связано с неполной экспрессией генов, детерминирующих синтез запасных белков. Отбор маркерных генотипов позволит создать новые самофертильные линии озимой ржи для использования в генетических исследованиях и практической селекции.

Литература

1. *Гордей С.И.* Эффект генов самофертильности (Sf) при создании инцухт-линий озимой диплоидной ржи (Secale cereale L.) / С.И. Гордей [и др.] // Весці НАН Б, сер. біял. навук.2006, №1. С. 46-49
2. *Кедраў-Зіхман А.А.* Новая крыніца самафертыльнасці жыта/ А.А. Кедраў-Зіхман [і інш.]// Весці АН БССР, сер. біял. навук. – 1986. – № 3. – С. 118–119.
3. *Конарев А.В.* Белки семян как маркеры в решении проблем генетических ресурсов растений, селекции и семеноводства/ А.В. Конарев [и др.] // Цитология и генетика. – 2000. – Т. 34., № 2. – С. 91–104
4. *Королева Н.Ю.* Особенности экспрессии проламинов секалотритикум и их родительских видов/ Н.Ю. Королева [и др.] // Вести НАН Беларуси. – 2005. № 3. – С.18-21.
5. *Мартыненко В.С.* Генетическая структура короткостебельных популяций ржи (Secale cereale L.) по генам секалинов/В.С. Мартыненко [и др.] // Цитология и генетика. 2006. – Т40., № 4. – С.24-30.
6. *Метаковский Е.В.* Изучение адаптивной и селекционной ценности аллелей глиаднкодирующего локуса хромосомы 1Д яровой мягкой пшеницы с помощью анализа гибридной популяции и коллекционного набора сортов / Е.В. Метаковский [и др.] // Генетика – 1986 – Т23 №5 С3-14.

7. *Пенева Т.И.* Анализ и регистрация сортов и линий ржи по секалину методом электрофореза (методические указания)/ Т.И. Пенева, Н.М. Мартыненко, В.Г. Конарев. – Л. - 1989. – 52 с.
8. *Пенева Т.И.* Анализ полиморфизма по спектрам секалина в процессе становления сорта озимой ржи / Т.И. Пенева[и др.] // С.-х. биология. – 1998. - № 1. – С. 55–62.
9. *Пенева Т.И.* Динимика состава глиадиновых биотипов в процессе создания сорта яровой тритикале Золотой гребешок / Т.И. Пенева[и др.] // Доклады Российской академии с.-х. наук. 2009. №1. С.3 – 5.
10. *Титок В.В.* Молекулярно–генетические и биохимические маркеры при гетерозисе // Весці НАН Беларусі. Сер. біял. навук. 2004. № 3. С. 103–107.
11. *A.Rafalski, L.Madej, I.Wisnewska, M Gawel.* The genetic diversity of components of rye hybrids. /A.Rafalski, L.Madej, I.Wisnewska, M.Gawel // Cellular & Molecular biology letters, 2002, V.7, pp 471-475
12. *Schlegel R., Melz G, Korsun V.* Genes, marker and linkage data of rye (Secale cereale L.) : 5 th updated inventory /Schlegel R., Melz G., Korsun V. // Euphytica. 1998. Vol. 101. P. 23-67.
13. *Voylokov, A.V.* Mapping of three self-fertility mutations in rye (*Secale cereale* L.) using RFLP, isozyme and morfological markers/ *A.V. Voylokov, V. Korzun, A. Borner* // Theor. Appl. Genet. – 1998. – Vol. 97, №.1–2. – P.147–153.

ИЗУЧЕНИЕ ИЗОГЕННЫХ ЛИНИЙ МЯГКОЙ ПШЕНИЦЫ ПО ХОЗЯЙСТВЕННО ЦЕННЫМ ПРИЗНАКАМ

К. К. Шулембаева, С. Б. Даулетбаева
Казахский Национальный Университет им. аль-Фараби, Алматы, Казахстан, e-mail: dsaniya@mail.ru; kulzia@kazsu.kz

Резюме

Получены изогенные линии сорта Казахстанская 126 по 12 четко различающимся от рекуррентного сорта морфологическим признакам. Изогенные линии с антоциановой окраской стебля, опушением и черной окраской колоса отличались высокими показателями элементов продуктивности (число колосков и зерен, масса зерна с главного колоса, масса 1000 зерен) и по технологическому качеству зерна в сравнении с контролем и другими линиями.

INVESTIGATION OF ECONOMICALLY IMPORTANT TRAITS IN ISOGENIC LINES OF BREAD WHEAT

K. K. Shulembayeva, S. B. Dauletbayeva
al-Farabi Kazakh Nationality University, Almaty, Kazakstan, e-mail:dsaniya@mail.ru; kulzia@kazsu.kz

Abstract

Isogenic lines of cv. Kazahstanskaya 126 differing by 12 morphological traits from the recurrent cultivar have been obtained. The isogenic lines with anthocyan stem colour and hairy black spike had high indices of productivity elements (number of spikelets and grains, grain weight per main spike, 1000 grains weight) and showed high technological properties of grain as compared with the control and other lines.

Введение

Изогенные линии, созданные на основе одного генотипа и различающиеся по определенному признаку, дают возможность определить биологическое или хозяйственно-биологическое значение того или иного наследуемого признака. Одним из важных условий для использования изогенных линий является максимальное генотипическое сходство их с рекуррентным сортом и сохранение комплекса хозяйственно ценных свойств реципиента [4].

Создание изогенных линий открывает возможности для сравнительного анализа экспрессии генов, изучения их взаимодействий и адаптивной ценности, а также дальнейшего

использования этих форм в качестве доноров нужных генов в практических целях селекции. Так, например, на основе иммунных изогенных линий создаются многие коммерческие сорта [4, 8].

Проводимые нами научно-исследовательские работы непосредственно связаны с использованием серии моносомных линий сорта Казахстанская 126. Как известно, моносомный анализ требует проведения трудоемкого цитологического исследования. Использование генов – маркеров хромосом – позволяет визуально отличить моносомные растения от дисомных, что сокращает и облегчает работы по проведению моносомного анализа и межсортового замещения хромосом. Серия моносомных линий сорта Казахстанская 126 имеет мало генов, маркирующих определенные хромосомы. С этой точки зрения нами создана серия изогенных линий этого сорта.

Цель наших исследований – определить селекционную ценность полученных изогенных линий сорта Казахстанская 126.

Материал и методика

Объектами исследования служили районированный сорт яровой мягкой пшеницы Казахстанская 126 и изогенные линии этого сорта, полученные с участием морфологически маркированных изогенных линий сорта Саратовская 29, любезно переданных нам сотрудниками лаборатории ИЦиГ СО РАН.

Изогенные линии сорта Казахстанская 126 были получены методом многократного возвратного скрещивания ($ВС_{6-8}$).

Фенологическое наблюдение за ростом и развитием растений проводили по общепринятым в селекции методам. Для структурного анализа изогенных линий взято по 30 растений в трех повторностях. Статистическую обработку данных проводили по методике П. Ф. Рокицкого [5].

Технологические свойства зерна и муки определяли в лаборатории технологии и качества зерна НПЦ АО «КазАгроИнновация».

Результаты и обсуждение

С использованием аллелей генов *Hg, Bg, C, Pp, Eg1, Hp, B, Rht3, Pc, W1, Pa, Ra* нами созданы морфологически маркированные изогенные линии (ИЛ) на основе сорта мягкой яровой пшеницы Казахстанская 126. Для всех изогенных линий (генотипическая среда рекуррентного сорта) характерно четкое фенотипическое проявление генов-маркеров.

Элементы продуктивности изогенных линий. Структурный анализ количественных и качественных признаков 12 изогенных линий позволил выделить три линии: ИЛ-*Hg* – с опушенным колосом, ИЛ-*HgBg* – опушенной черной колосковой чешуей и ИЛ-*Pc* – антоциановой соломиной, отличающиеся более высокими показателями элементов продуктивности по сравнению с контролем.

Как видно из таблицы, по количеству зерен, массе зерна главного колоса и массе 1000 зерен всех превосходит линия ИЛ-*BgHg*, характеризующаяся опушенной черной колосковой чешуей. Эта линия была отобрана в процессе беккроссирования при создании изогенной линии с черной окраской колоса. Данный признак может быть ценным в качестве фенотипического маркера, связанного с хозяйственно-важными признаками для селекции. По литературным данным известно, что гены *Bg* и *Hg* сцеплены, и улучшение налива зерна в засушливые годы обусловлено (Или сопряжено с присутствием?) доминантными аллелями опушения колоса *Hg* [4, 6]. Это подтверждается результатами исследования линий ИЛ-*Hg* и ИЛ-*BgHg*. Изучение элементов продуктивности линий в сравнении с контролем показало достоверное превышение показателей продуктивности колоса и массы 1000 зерен. В то же самое время у линии ИЛ-*Bg*, имеющей рецессивные аллели гена опушения колоса, наблюдали снижение элементов продуктивности главного колоса и массы 1000 зерен. Различия по значениям признаков достоверны при $P \geq 0{,}99$.

Таблица 1. Продуктивность изогенных линий, маркированных аллелями генов Hg и Bg

Линия	Главный колос			Масса 1000 зерен, г
	количество, шт.		масса зерна, г	
	колосков	зерен		
Каз. 126	19,0 ± 0,3	51,7 ± 1,6	2,4 ± 0,1	44,73 ± 0,7
ИЛ-*Bg*	19,7 ± 0,3	60,2 ± 1,2***	2,7 ± 0,1*	46,06 ± 0,5
ИЛ-*BgHg*	20,0 ± 0,1***	65,4 ± 0,2***	3,0 ± 0,1***	49,68 ± 0,3***
ИЛ-*Hg*	20,0 ± 0,4***	63,2 ± 1,0***	2,9 ± 0,1***	48,10 ± 1,4*

Примечание: отличие от контроля достоверно при * P = 0,95; ***P ≥ 0,999.

Достоверное и стабильное в течение трех лет вегетаций превышение показателей элементов продуктивности наблюдали у линии ИЛ-*Hg*, созданной с использованием другого донора и рассматриваемой нами как параллельная линия относительно маркерного гена *Hg*.

В сравнении с другими линиями и контролем для ИЛ-*Hg* характерно значительное увеличение показателей продуктивности колоса и превышение массы 1000 зерен в среднем на 3,37 г (табл. 1). Отличие от Казахстанской 126 достоверно на уровне при P = 0,95–0,99.

Полученные результаты структурного анализа параллельных линий ИЛ-*BgHg* и ИЛ-*Hg*, по некоторым количественным признакам пшеницы, позволяют предположить, что повышение показателей продуктивности колоса и улучшение налива зерна обусловлены наличием в генотипе сорта Казахстанская 126 доминантного аллеля опушения колосковой чешуи *Hg*.

Достоверным превышением показателей продуктивности главного колоса и массы 1000 зерен также выделяется изогенная линия, маркированная геном *Pc*, детерминирующим антоциановую окраску соломины пшеницы. Сравнительный анализ массы 1000 зерен показывает значительное увеличение этого показателя по сравнению с контролем, что обусловлено формированием крупной выполненной зерновки (рис. 1). В годы изучения наибольшее значение этого признака составило 49,64 г.

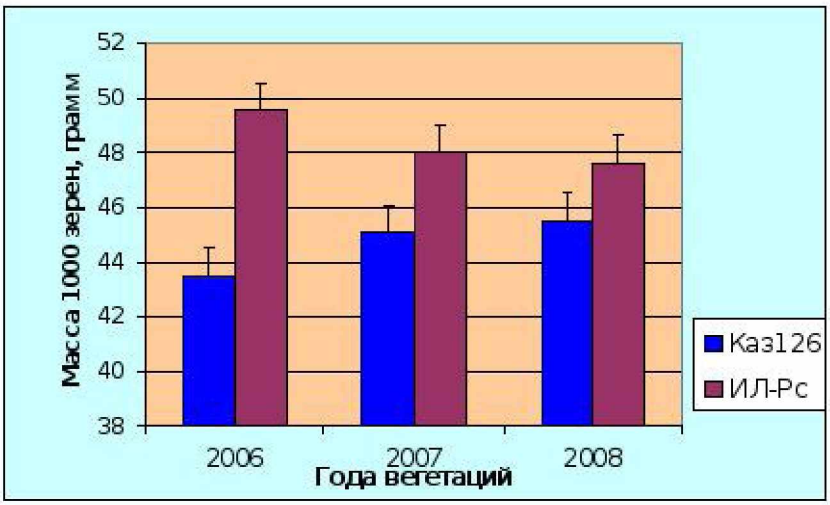


Рис. 1. Масса 1000 зерен у линии ИЛ-Pc в разные годы репродукции

Увеличение средней массы зерна у изогенной линии ИЛ-*Pc* подтверждается улучшением налива зерна. Выполненность бороздки зерна, возможно, связана с повышением чистой продуктивности фотосинтеза, обусловленной интенсификацией этого процесса у антоциансодержащих растений.

Технологический анализ качества зерна. В течение 2005–2007 гг. проведен технологический анализ выделенных по элементам продуктивности изогенных линий – ИЛ-*Pc*, ИЛ-*Hg* и ИЛ-*BgHg*.

Анализ основных параметров качества зерна (содержание белка, количество и качество клейковины) показал, что линии ИЛ-*Pc* и ИЛ-*BgHg* превышают контрольный сорт по содержанию белка. Так, средняя величина этого показателя была равна у ИЛ-*Pc* 16,0%, а у ИЛ-*BgHg* – 15,5% по сравнению с контролем, составившим 15,0%. У линии ИЛ-*Hg* наблюдали незначительное снижение этого показателя (14,6%).

Технологические качества зерна определяются не только высоким содержанием белка, но и количеством клейковины. По данным Госхлебинспекции и ВНИИ зерна, существует тесная корреляция между содержанием белка и клейковины [2].

В наших исследованиях максимальное количество клейковины было у линии ИЛ-*Pc* – 33,2%. У линии ИЛ-*BgHg* этот показатель составил 32,4%, а у сорта и ИЛ-*Hg* – 32,0%.

В оценке свойств зерна пшеницы также большое значение имеет качество клейковины. Под качеством клейковины обычно понимают совокупность ее физико-химических свойств: упругость, эластичность, растяжимость, связанность, способность к набуханию. Этим критериям отвечает изогенная линия, маркированная геном *Pc*. У этой линии качество клейковины в ед. ИДК составляет 90 по сравнению с контролем – 95 и другими изогенными линиями – ИЛ-*Hg* – 95, ИЛ-*BgHg* – 100.

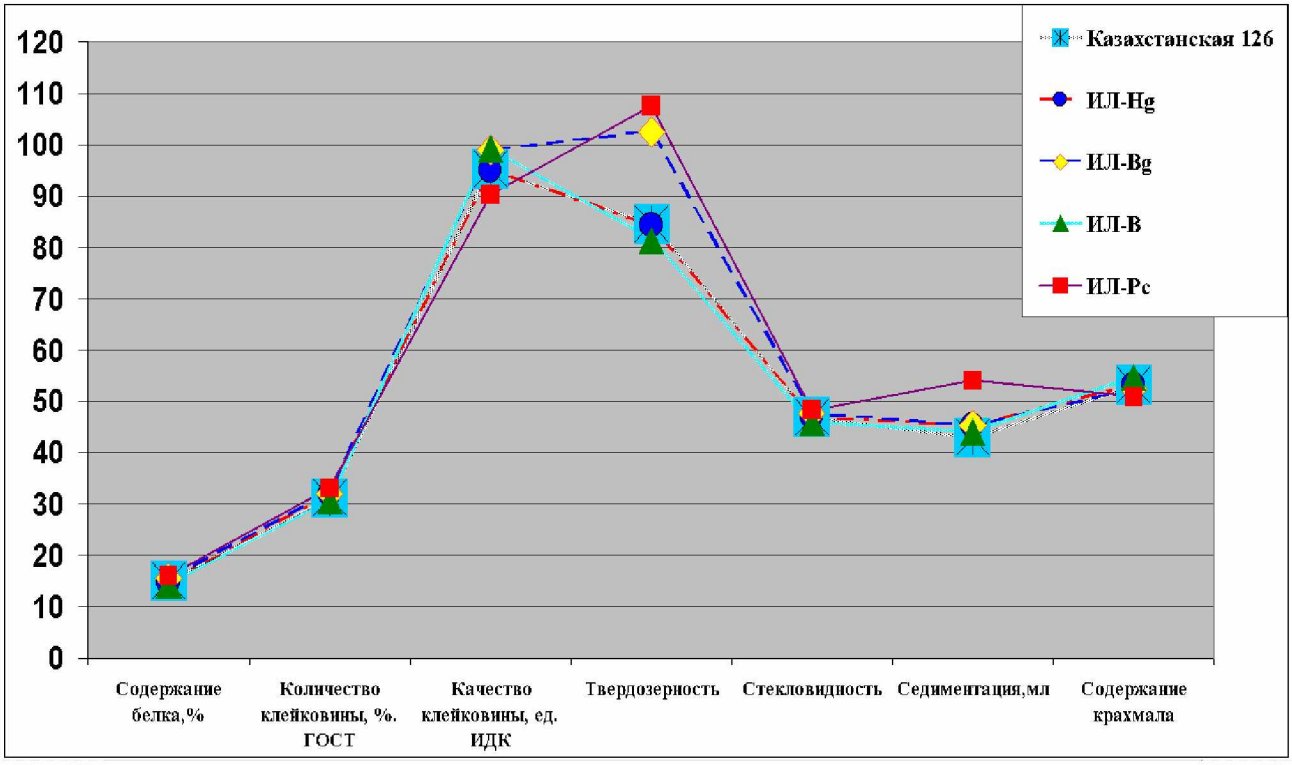


Рис. 2. Распределение показателей технологического качества зерна у изогенных линий

Не менее важными показателями качества зерна пшеницы являются, также стекловидность и твердозерность. В мукомольном производстве ценится стекловидная пшеница, с твердым эндоспермом, дающая крупчатую муку. Показатели стекловидности у всех изученных изогенных линий были на уровне контроля, в пределах от 47 до 49. Высокие показатели твердозерности характерны линиям ИЛ-*Bg*, *Hg* и ИЛ-*Pc*, которые в среднем составили 102,6 и 107,6 соответственно. У контрольного сорта и линии ИЛ-*Hg* показатели твердозерности варьируют в пределах 84–85.

Считается, что хорошая мука имеет число седиментации 50–60 мл и выше, т. е. чем больше объем осадка, тем выше качество [1]. Анализ числа седиментации изогенных линий в среднем показал наиболее высокий объем осадка у линии ИЛ-*Pc* (54 мл) по сравнению с другими линиями (ИЛ-*Hg* – 45,6 мл; ИЛ-*BgHg* – 45,3 мл) и контролем (43,6 мл).

По содержанию крахмала среди изученных линий самый низкий показатель характерен для линий ИЛ-*Pc* (в среднем 51,0) и ИЛ-*BgHg* (в среднем 52,3). У линии ИЛ-*Hg* содержание крахмала оставалось на уровне контроля.

Сравнительная оценка усредненных за три года данных по семи признакам технологического качества зерна контрольного сорта и изогенных линий представлена в виде полигона распределения и диаграммы (рис. 2).

Кривые распределения средних показателей признаков твердозерности и величины седиментации у линий ИЛ-*Bg* и ИЛ-*Pc* четко демонстрируют высокое качество этих линий в сравнении с другими линиями и контролем.

Признаки твердозерности и седиментации муки считаются важными показателями качества зерна пшеницы. В мукомольном производстве ценится пшеница, которая дает крупчатую муку, а большой объем осадка отличает высшее ее качество [3].

Заключение

Получена серия морфологически маркированных изогенных линий сорта яровой мягкой пшеницы Казахстанская 126. Структурный анализ изогенных линий показал, что линии, несущие доминантные аллели генов *Hg, Bg* и *Pc*, достоверно отличались по элементам продуктивности (число, масса зерна главного колоса, масса 1000 зерен) как от рекуррентного сорта, так и от других изогенных линий. Наряду с этим по технологическим качествам зерна изогенная линия по маркерному гену *Pc* отличалась высоким содержанием белка, клейковины, а также имела более высокие значения твердозерности и седиментации муки. Эти положительные свойства изогенных линий, с одной стороны, позволяют использовать их в качестве исходного материала в процессе гибридизации, а с другой, для получения серии морфологически маркированных линий пшеницы сорта Казахстанская 126.

Литература

1. *Абугалиева А. И., Буць А. А., Сейтказинов А.* Методическая рекомендация «Классификация пшениц по качеству зерна на генетическом, биохимическом и технологическом уровне». 2008. 53 с.
2. *Бебякин В. М., Злобина Л. Н.* Значение генотипа и факторов внешней среды в определении качества зерна яровой пшеницы // С.-х. биол. 1997. № 3. С. 94–100.
3. *Изтаев А.* Технологические качества зерна пшеницы Казахстана. Алма-Ата: Кайнар, 1992. 364 с.
4. *Коваль С. Ф., Коваль В. С., Шаманин В. П.* Изогенные линии пшеницы // Монография. Омск. 2001. 152 с.
5. *Рокитцкий П. Ф.* Введение в статистическую генетику. Минск: Вышейшая школа, 1974.
6. *Khlestkina T. K., Salina E. A., Pshenichnikova T. A., Arbusova V. S., Koval S. F.* Analysis of isogenic lines of the soft wheat carrying dominant alleles of *Bg, Hg*, and *Rg1* genes using microsatellite and protein markers // Genetika. 2000. № 36 (10). 1374 p.
7. *Tsujimoto H.* Production of near-isogenic lines and marked monosomic lines in common wheat (Triticum aestivum) cv. Chinese Spring // The Journ. of Hered. 2001. № 92 (3). P. 254–259.
8. *Zhou R., Zhu Z., Kong X., Huo N., Tian Q., Li P., Jin C., Dong Y., Jia J* Development of wheat near-isogenic lines for powdery mildew resistance // Theor. Appl. Gen. Epub. 2005. № 110 (4). P. 640–8.
9. *Watanabe N.* Near-isogenic lines of durum wheat: their development and plant characteristics // Euphytica. 1994, V. 72. № 1/2. P. 143–147.

ХИМИЧЕСКИЙ МУТАГЕНЕЗ – ЭФФЕКТИВНЫЙ МЕТОД И. А. РАПОПОРТА В СОЗДАНИИ ГЕНЕТИКО-СЕЛЕКЦИОННОГО МАТЕРИАЛА НА ОЗИМОЙ ПШЕНИЦЕ

Н. С. Эйгес[1], Г. А. Волченко[1], Н. Л. Кузнецова[2], Л. И. Вайсфельд[1], В. Д. Артамонов[2], С. Г. Волченко[1]

[1]Учреждение Российской академии наук «Институт биохимической физики им. Н. М. Эмануэля РАН», Москва, Россия, e-mail: liv11@yandex.ru

[2]Учреждение Российской академии наук «Главный ботанический сад им. Н. В. Цицина РАН», Москва, Россия, e-mail: lander@aha.ru

Резюме

Дана краткая характеристика некоторых особенностей метода химического мутагенеза при оптимальном диапазоне доз химического мутагена с использованием высокомутабильного исходного сорта. Получено широкое генотипическое и фенотипическое разнообразие мутантов озимой пшеницы с высоким выходом хозяйственно ценных наследственно измененных форм. В коллекции имеются образцы со сложными многофакторными признаками, которые при использовании метода химического мутагенеза возникают чаще, чем при использовании традиционных методов селекции. В качестве примеров приведены высокие адаптивные свойства, высокое содержание белка в зерне, комплексная устойчивость к фитопатогенам, высокие хлебопекарные свойства.

CHEMICAL MUTAGENESIS AS AN EFFECTIVE I. A. RAPOPORT'S METHOD OF PRODUCING GENETIC AND BREEDING MATERIALS FOR WINTER WHEAT

N. S. Eiges[1], G. A Volchenko[1], N. L. Kuznetzova[2], L. I. Weisfeld[1], V. D. Artamonov[2], S. G. Volchenko[1]

[1]N. M. Emanuel Institute of Biochemical Physics of the Russian Academy of Sciences, Moscow, Russia, e-mail: liv11@yandex.ru

[2]N.V. Tsitsin Botanical Garden of the Russian Academy of Sciences, Moscow, Russia, e-mail: liv11@yandex.ru

Abstract

Some features of the method of chemical mutagenesis are briefly described here with the optimum range of chemical mutagene doses used on the initial variety with high mutability. Wide genotypic and phenotypic variation of winter wheat mutants with high outcome of commercially valuable hereditarily altered forms was produced. In the collection there are accessions with complex multiple-factor characters, which evolve more frequently with chemical mutagenesis than with conventional breeding methods. These characters include, for example, high adaptive properties, high protein content in grain, complex resistance to plant pathogens, and good baking quality.

Метод химического мутагенеза был открыт в нашей стране крупным ученым-генетиком Иосифом Абрамовичем Рапопортом еще до Великой Отечественной войны. Война помешала опубликовать это открытие в свое время. Первая публикация появилась в 1946 г. [3] одновременно с обнаружением мутагенных свойств газа иприт Ш. Аэрбах и Дж. Робсоном. В 30-х годах В. В. Сахаров обнаружил мутагенное действие йода [5, 6] и других мутагенных факторов на *Drosophila melanogaster*. Только открытие И. А. Рапопортом явления «химический мутагенез» вылилось в метод, широко распространившийся и внедренный в нашей стране и за рубежом (в Китае, Индии, Венгрии, Швеции, во Вьетнаме) в 60–90-х годах XX века. Мутагенная активность йода была очень низкой. Частота вызываемых им мутаций оказалась на 3–4 порядка ниже по сравнению с супермутагенами И. А. Рапопорта. О мутациях хозяйственно ценных признаков упомянутыми авторами не сообщается. Иприт – ядовитый газ, применявшийся во время Первой Мировой войны, жесткого действия. Он вызывает крупные нарушения ядерного аппарата клетки. Поэтому данные соединения не нашли применения в дальнейших генетических исследованиях и в практике. Широкому распространению и внедрению супермутагенов И. А. Рапопорта способствовала высокая

эффективность химических соединений: этиленимина, нитрозоалкилмочевин, диметилсульфата, диэтилсульфата, нитрозометилбиурета, 1,4-бис-диазоацетилбутана и других соединений, которые Иосиф Абрамович назвал супермутагенами. В работы по созданию новых сортов на разных культурах вошла бóльшая часть селекционеров разных сельскохозяйственных и биологических учреждений страны. За относительно короткое время было создано около 400 сортов разных сельскохозяйственных культур. Широкому распространению метода химического мутагенеза способствовали ежегодные совещания, проводимые И. А. Рапопортом в Институте химической физики.

Метод химического мутагенеза был внедрен Рапопортом не только в селекцию и сельское хозяйство, но и в микробиологическую промышленность, экологию, медицину. За открытие явления «химический мутагенез» и внедрение метода «химический мутагенез» в разные отрасли науки и производства И. А. Рапопорт стал в 1984 г. Лауреатом Ленинской премии, в 1990 г. – Героем Социалистического Труда. Сейчас работы по химическому мутагенезу продолжаются в основном в тех коллективах, где сохранились коллекции хемомутантов. Однако селекционеры часто обращаются к коллективу мутационной селекции с просьбой о химических мутагенах. Селекционер по ячменю В. М. Шевцов наладил синтез нитрозометилмочевины.

Институт биохимической физики по возможности продолжает изучение и использование метода химического мутагенеза в применении к озимой мягкой гексаплоидной пшенице. Некоторые характерные черты метода при оптимальном сочетании мутагена, диапазона его доз и исходного сорта, представляющие новизну, сводятся к следующему.

– Высокая фертильность и озерненность колоса, что связано с возникновением в данном диапазоне доз исключительно генных мутаций, без нарушения целостности хромосом и ядерного аппарата клетки. Для разных поколений, начиная с первого (M_1), характерна 100%-ная фертильность колоса, что выше на 2–3% по сравнению с исходным сортом ППГ 186. Наши наблюдения показывают, что мейоз в данном диапазоне доз у мутантов более нормализован по сравнению с исходным сортом, что может быть связано с изменением генетического контроля мейоза.

– Для мутантов характерно быстрое наступление константности, чаще с поколения третьего (M_3) или четвертого (M_4). Быстрое наступление константности у мутантов обусловливает возможность сокращения времени селекционного процесса и ускорения создания новых сортов. Однако в 6–10% случаев константность у мутантов наступает еще быстрее – со второго поколения (M_2) в результате быстрого наступления гомозиготности по мутациям [7]. Быстрое наступление константности и гомозиготности в семьях M_2 пока объяснить трудно. Возможно, это результат полных мутаций, охватывающих соответствующие локусы гомологичных хромосом. Есть также вероятность того, что мутации происходят в локусе, гетерозиготном по данному признаку, в результате чего признак становится гомозиготным. И. А. Рапопорт делает предположение о возможности индукции мутагеном кроссинговера в зародышевой клетке семени [4]. Быстрое наступление гомозиготности при отсутствии обычного расщепления в семьях M_2 отмечали на мутантах кукурузы О. В. Бляндур и В. Н. Лисиков [1 (с. 86–88)]. Помимо быстрого наступления константности в M_2 мы обнаружили также отсутствие химерности [7]. Последнее может быть результатом следующих причин: а) наличия одной инициальной клетки будущих колосьев в зародыше семени, подвергающегося действию мутагена и вызывающего мутацию или мутации в данной инициальной клетке; б) наличия двух и более инициальных клеток будущих колосьев в зародыше семени. Одна из этих клеток, где произошла (и) мутация или мутации, может иметь преимущество перед другими инициальными клетками в зародыше при внутрисоматическом отборе, благодаря чему является конкурентоспособной и единственная дает клон клеток и ткань с данной мутацией или мутациями. Как правило, в случаях раннего наступления константности наблюдается одновременно отсутствие химерности. Оба эти феномена имеют большое значение, так как специалист уже с M_2 имеет значительный по величине исходный материал, представляющий хозяйственную ценность.

Этот исходный селекционный материал составляет от 1 до 2 кг вместо 10–15 г в обычных случаях при отсутствии константности в M_2 и в присутствии химерности. Наличие константного исходного материала в значительно большем количестве, чем обычно, – одна из причин ускорения селекционного процесса и ускоренного создания новых сортов. Быстрое наступление константности характерно также для гибридов определенных групп наших мутантов с сортами. Например, константность наступает быстро при скрещивании группы мутантов, устойчивых к мучнистой росе и желтой ржавчине, с сортом Мироновская 808 и с исходным сортом ППГ 186. Начиная с 3–4-го поколения, мы имеем визуально константные гибридные линии при данных комбинациях скрещивания. Быстрое наступление константности в гибридных поколениях также вносит свою лепту в возможность ускорения селекционного процесса.

– Был получен высокий выход мутаций, который при разных способах учета составляет: а) более 50% семей, несущих мутации [9] по отношению ко всем исследованным во втором (M_2) поколении и проверенным в третьем поколении (M_3) семьям; б) более 12% растений, несущих мутации [8] по отношению ко всем исследованным в M_2 и проверенным в M_3 растениям; в) частота мутаций по отношению ко всем исследованным семьям составляет более 100%. Такая высокая частота мутаций, при пересчете их числа в среднем на семью, связана с возникновением в мутантном растении не одной, как считалось ранее, а нескольких разных мутаций, что показал наш генетический анализ [11].

– При найденном благоприятном сочетании мутаген – доза – исходный сорт получено широкое генотипическое и фенотипическое разнообразие мутационного спектра с большими возможностями выбора нужных наследственных изменений. Разнообразие мутационных изменений в настоящей работе превышает таковое в иных исследованиях на иных сортах озимой пшеницы с иными мутагенами, где разнообразие мутационного спектра представлено 9–13 типами мутантов [2]. Широта мутационного спектра в настоящей работе представлена более чем 50 типами мутантов [8], с высоким выходом мутаций, определяющих хозяйственно ценные признаки. Широкий мутационный спектр явился основой для создания крупной генотипически и фенотипически разнообразной коллекции мутантов озимой пшеницы [8]. Данная коллекция вносит вклад в сохранение и приумножение биоразнообразия, которое к настоящему времени сильно сократилось, что вызывает тревогу специалистов. Образцы коллекции в значительной степени увеличили ассортимент исходного материала в работах по селекции озимой мягкой пшеницы.

– Метод химического мутагенеза хорошо сочетается с традиционными методами селекции – гибридизацией и отборами. Константные гибриды мутантов с другими сортами пополнили коллекцию. Выделение в работах по химическому мутагенезу сорта ППГ 186 как высокомутабильного, на основе которого была получена высокая частота мутаций, в том числе определяющих хозяйственно ценные признаки, и их широкое разнообразие ставят вопрос о том, что при сходе со сцены сорта пшеницы он может быть возрожден в работах по мутационной селекции. В генетическом многообразии играют роль мутации, определяющие новые признаки, нехарактерные для озимой пшеницы. Вне метода химического мутагенеза их получить очень трудно, и они отсутствуют в коллекциях пшениц, например устойчивость к некоторым фитопатогенам. Имеются мутанты с редкими признаками, которые тоже трудно получить, но они все же встречаются в коллекциях. Множественные мутации и мутации полимерных факторов также повышают генотипическое разнообразие коллекции. В коллекции имеются хемомутанты и хемомутантные сорта, обладающие сложными многофакторными признаками, возникновение которых можно объяснить множественными мутациями и мутациями полимерных факторов. К ним относятся, например, высокоадаптивные мутанты, встречающиеся в коллекции в 40% случаев. Примером таких мутаций может служить сорт Имени Рапопорта, высокозимостойкий и засухоустойчивый, нетребовательный к агрофону. Высокие адаптивные свойства – сложный признак, состоящий из разных составляющих. Например, зимостойкость определяется комплексом таких признаков, как морозостойкость, устойчивость к вымоканию, выпреванию, ледяной корке и

слою льда, к снежной плесени. Неблагоприятные факторы среды также многосоставляющие, и комплексы их каждый раз неодинаковые (табл. 1).

Таблица 1. Характеристика основных климатических факторов за период 1993–2003 гг. в местах выращивания мутантных сортов и образцов по Московской обл.

Год	Климатические факторы, район
1993–1994	Ногинский: хозяйства Кудиново, им. В. И. Чапаева; Одинцовский: Немчиновка. Осень 1993 г.: низкие минусовые температуры до -25°С при отсутствии снега в течение 10 дней. Весна 1994 г.: долго не сходящий мощный снеговой покров, ставший теплопроводным. Условия для вымерзания, выпревания, задыхания, развития снежной плесени
1995	Ногинский: Кудиново, Ботово, Мамонтово; Одинцовский: Немчиновка; Егорьевский: Починки. Конец зимы и начало весны: ранний сход снега в марте, низкие температуры до -20°С. Условия для вымерзания, вымокания, оледенения. Летняя засуха
1995–1996	Ногинский: Кудиново, Починки, Ботово, Якимово, Мамонтово; Егорьевский: Починки; Одинцовский: Немчиновка. В результате выпадения снега на теплую мокрую землю осенью 1995 г. плюсовые температуры под снегом, сложились условия для развития снежной плесени, выпревания, задыхания
1997–1998	Подольский: Красная Пахра, Бабенки; Егорьевский: Починки; Ногинский: Соколово, Ямкино; Одинцовский: Немчиновка. Конец осени 1997 г.: низкие температуры до -32°С без снега в течение недели. Двукратное выпадение снега весной 1998 г. на вегетирующие растения. Условия для вымерзания, задыхания, выпревания, вымокания, развития снежной плесени. Весенняя засуха
1999	Подольский: Красная Пахра, Бабенки. Весна: сильный паводок при высокой температуре в апреле до +23°С, в конце апреля и первой декаде мая – низкие минусовые температуры до -12°С. Условия для вымерзания, вымокания, ледяной корки. Жесткая летняя засуха
2000–2001	Подольский: Голохвастово, Бабенки, Красная Пахра. Осень 2000 г.: выпадение снега на мокрую теплую землю, плюсовые температуры под снегом. Условия для развития снежной плесени. Жесткая весенне-летняя засуха
2002–2003	Подольский: Бабенки; Истринский: Снегири; Дмитровский: Рогачево. Осенью 2002 г. жесткая засуха, низкие минусовые температуры. Весной 2003 г. низкие минусовые температуры после схода снега, весенняя засуха. Условия для вымерзания

Устойчивость ко всем комплексам неблагоприятных факторов у сорта Имени Рапопорта проявляется из года в год. Неблагоприятные условия внешней среды способствуют проявлению свойств устойчивости к ним. Из 13–14 последних лет семь – были неблагоприятными, а годы 1994, 1998, 1999, 2001, 2003, 2008 – крайне неблагоприятными по комплексу сложившихся условий. В 1994, 1998, 2003 гг. часть площадей под озимой пшеницей в хозяйствах весной запахивалась по причине очень плохой перезимовки, а в ряде случаев по причине гибели посевов. Сорт Имени Рапопорта никогда не изреживался, даже в годы с неблагоприятными условиями, на фоне гибели других сортов, созданных без участия метода химического мутагенеза. В табл. 2 представлены урожаи сорта Имени Рапопорта за ряд лет по хозяйствам Ногинского района Московской обл.

За годы, представленные в табл. 2, наблюдается превышение урожаев сорта Имени Рапопорта над распространенным сортом Мироновская 808. Значительную роль в этом превышении играют высокая устойчивость сорта к неблагоприятным условиям среды, которые наблюдались достаточно часто, и устойчивость к болезням.

– Частая встречаемость в коллекции хемомутантов (в 12% случаев) признака устойчивости к фитопатогенам, особо ценная комплексная устойчивость (табл. 3): к мучнистой росе и желтой ржавчине; к мучнистой росе, желтой ржавчине, пыльной головне; к мучнистой росе, желтой ржавчине, пыльной головне, корневым гнилям; к мучнистой росе и твердой головне. Комплексную устойчивость трудно объяснить без учета множественных мутаций. Частота встречаемости устойчивости к фитопатогенам при использовании метода химического мутагенеза на порядок выше по сравнению с частотой мутаций, вызываемой ионизирующей радиацией [12, 13].

– Возникновение мутантов с высоким содержанием белка в зерне при названном наиболее благоприятном сочетании мутагена – дозы – исходного сорта составляет около 30% [10]. Содержание белка в зерне составляет 16–18% против 14% у исходного сорта ППГ 186.

– Возникновение мутантов с хорошими и отличными хлебопекарными свойствами. Из 27 мутантов, исследованных на хлебопекарные свойства в 1989 г., 9 характеризовались высоким хлебопекарным качеством [11]. Хлебопекарные свойства этих образцов остаются высокими на протяжении 18 лет в разных условиях, влияющих на формирование качества: температурных, влажности, плодородия почвы, числа солнечных дней. Сорт Имени Рапопорта по хлебопекарным свойствам находится на уровне сорта Московская 39 (селекции НИИСХ ЦРНЧЗ) (табл. 4) или превышает его (табл. 5).

Таблица 2. Характеристика сорта Имени Рапопорта в сравнении со стандартным сортом Мироновская 808 при выращивании в хозяйстве Кудиново Ногинского района Московской обл. на низком агрофоне песчаных почв

Сорт	Год урожая	Урожай, ц/га	± к стандарту, ц/га	Поражение болезнями, %				Климатические особенности
				МР	СП	БР	КГ	
Деревня Кудиново								
Имени Рапопорта	1987	28,0	+12,0	0	10	5	5	Относительно благоприятный
Мироновская 808	1987	16,0	–	0	15	5	10	
Деревня Марьино								
Имени Рапопорта	1988	17,0	+17,0	0	28	0	25	Неблагоприятный. Летняя жесткая засуха. Эпифитотия корневых гнилей и снежной плесени. Гибель стандартного сорта
Мироновская 808	1988	0	–	10	35	10	60	
Деревня Кудиново								
Имени Рапопорта	1989	25,9	+9,6	0	14	0	11	Неблагоприятный. Летняя жесткая засуха. Условия для развития корневых гнилей и снежной плесени
Мироновская 808	1989	16,3	–	0	16	0	43	
Колкин Хутор								
Имени Рапопорта	1990	38,0	+6,0	10	0	0	10	Относительно благоприятный. Без весенней подкормки
Мироновская 808	1990	32,0	–	15	0	0	48	
Деревня Вишняково								
Имени Рапопорта	1991	39,0	+14,0	10	10	0	8	Неблагоприятный. Условия для вымокания осенью 1990 г. Летняя засуха в 1991 г. Без весенней подкормки
Мироновская 808	1991	25,0	–	15	15	0	35	

Условные обозначения: МР — мучнистая роса, СнП — снежная плесень, БР — бурая ржавчина, КГ – корневые гнили.

Таблица 3. Комплексная устойчивость мутантов к желтой ржавчине, мучнистой росе, пыльной головне, твердой головне, корневым гнилям

Материал	Изучено линий	Устойчивые линии		Число мутантов с комплексной устойчивостью					
		число	%	всего	МР, ЖР	МР, ЖР, ПГ	МР, ПГ, ТГ	ПГ, ТГ	МР, ПГ, КГ
Мутанты	240	30	12,7	18	10	2	2	3	1
Исходный сорт ППГ 186	2000	1	0,05	0	0	0	0	0	0

Условные обозначения: ЖР – желтая ржавчина, МР – мучнистая роса, ПГ – пыльная головня, ТГ – твердая головня, КГ – корневые гнили.

Таблица 4. Хлебопекарные свойства образцов и сортов мутантного происхождения. Опытное поле Отдела отдаленной гибридизации (Снегири). Московская обл. 2004, 2006, 2007 гг.

Сорт	Общая стекловидность, %				Содержание сырой клейковины, %				Показатель седиментации, мл			
	2004	2006	2007	среднее	2004	2006	2007	среднее	2004	2006	2007	среднее
Московская 39	43	53	82	59	28,2	35,6	40,8	34,9	26	35	31	31
Имени Рапопорта	48	35	68	50	27,3	36,5	34,1	32,6	27	40	30	32
Сорт	Объем хлеба, $см^3$				Общая хлебопекарная оценка, балл				Содержание белка, %			
	2004	2006	2007	среднее	2004	2006	2007	среднее	2004	2006	2007	среднее
Московская 39	510	690	640	613	3,8	4,2	3,7	3,9	12,14	15,51	14,17	13,94
Имени Рапопорта	500	680	650	610	3,7	4,2	4,4	4,1	11,57	15,05	11,27	12,63

Примечание. Анализы проведены Кузнецовой Н. Л.

В 2001 г. (табл. 5) сорт Имени Рапопорта превышал Московскую 39 по содержанию белка в зерне, содержанию клейковины, по валориметрической оценке, объемному выходу хлеба, общей хлебопекарной оценке.

Таблица 5. Хлебопекарные свойства сорта Имени Рапопорта. Опытное поле МСХА. Подольский район Московской обл. Урожай 2001 г.

Показатель	Имени Рапопорта	Московская 39 (стандарт)
Содержание белка,%	14,6	13,7
Содержание сырой клейковины	31,6	27,6
ИДК 1	80	50
Упругость теста по альвеографу	73	108
Упругость/растяжимость теста	0,7	1,5
Удельная работа деформации теста	292	345
Разжижение теста	20	30
Валориметрическая оценка	80	61
Объем хлеба из 100 г муки	1250	1190
Общая хлебопекарная оценка	5,0	4,5

Примечание. Анализы проведены Белоусовой Е. М. во Всероссийском Центре по оценке качества сортов сельскохозяйственных культур при Госкомиссии РФ по испытанию и охране селекционных достижений в 2003 г.

Еще раньше, в середине–конце 80-х годов XX века, сорт выращивали в хозяйствах Можайского, Ногинского, Егорьевского и других районов Московской области. Хозяйства Ногинского и Егорьевского районов сдавали зерно сорта на Раменский мелькомбинат, где он имел преимущество перед иными сортами из других местностей (сорт Московская 39 тогда еще не выращивали).

Литература

1. *Бляндур О. В., Лисиков В. Н.* Экспериментальный мутагенез у линейной кукурузы. Кишинев: Штиинца, 1972. 263 с.
2. *Дедуль Ф. П., Хуцишвили Г. А., Зос Н. Н.* Генетический эффект N-нитрозосодержащих мутагенов на пшенице // Применение хим. мутагенов в сельск. хоз-ве и медицине. М.: Наука, 1973. С. 162–166.
3. *Рапопорт И. А.* Карбонильные соединения и химический механизм мутаций // Докл. АН СССР. 1946. Т. 54, № 1. С. 65–68.
4. *Рапопорт И. А., Демченко С. И.* Феномен мутокроссинговера растений, обработанных супермутагенами // Докл. АН СССР. 1969. Т. 189, № 6. С. 1378–1381.
5. *Сахаров В. В.* Йод как химический фактор, действующий на мутационный процесс у *Drosophila melanogaster*. Сообщ. I // Биол. журн. 1932. Т. 1, Вып. 3–4. С. 1–18.
6. *Там же*. Сообщ. II. Серия на летали // Биол. журн. 1933. Т. 2, Вып. 4–5. С. 414–418.
7. *Эйгес Н. С.* Изучение нерасщепляющихся мутантных семей у озимой пшеницы, полученных при действии этиленимина // Генетика. 1973. Т. 9, № 2. С. 5–8.
8. *Эйгес Н. С.* Коллекция хемомутантов озимой пшеницы // Природа. 1997. № 1. С. 26–35.
9. *Эйгес Н. С.* Мутагенный эффект разных концентраций этиленимина на озимой пшенице // Генетика. 1966. № 3. С. 131–139.
10. *Эйгес Н. С., Иванов Ю. А., Лебедева Н. П.* Содержание белка в зерне у мутантов, полученных при действии низких концентраций этиленимина // Эффективность химических мутагенов в селекции. М.: Наука, 1976. С. 164–166.
11. *Эйгес Н. С., Кузнецова Н. В., Артамонов В. Д., Долгова С. П., Вайсфельд Л. И., Волченко Г. А., Корнева Г. Г., Калмыкова Л. П.* Создание внутривидового биоразнообразия озимой пшеницы методом химического мутагенеза и его использование в селекции // Факторы экспериментальной эволюции организмов. («Фактори експериментальної еволюції організмів». Збірник наукових праць. Посвячено 90-річчю від часу заснування Українскої академії наук). Київ: Логос, 2008. Т. 5. С. 236–239.
12. *Iamasaki G., Cawai T.* Artificial induct on of blast resistance mutations in rice // Techn. Rec. Intern. Atom. Energy Agency. 1968. V. 19. P. 86–91.
13. *Wallace A. N.* The frequency of induce mutation at the specific locus in oace // Genetics. 1960. V. 45. P. 1016.

ПРОДУКТИВНОСТЬ ОБРАЗЦОВ КОРМОВОЙ И СТОЛОВОЙ СВЕКЛЫ В УСЛОВИЯХ МОСКОВСКОЙ ОБЛАСТИ

В. Е. Юдаева

Государственный научный центр Всероссийский селекционно-технологический институт садоводства и питомниководства Россельхозакадемии, Москва, Россия

Резюме

В результате комплексного изучения 66 образцов свеклы показано, что высокой продуктивностью отличаются многосемянные образцы типично кормовой свеклы Aumoro (Франция), Trigonal (Нидерланды), полусахарной Solano, Фаворит (Нидерланды), столовой свеклы – многосемянные сорта Пушкинская плоская (РФ), Витену Бордо (Литва).

EFFICIENCY OF SAMPLES FODDER AND RED BEET IN CONDITIONS OF THE MOSCOW AREA

V. E. Judaeva

State Scientific Centre All-Russian Horticultural Institute for Breeding, Agrotechnology and Nursery, Moscow, Russia

Abstract

As a result of complex studying 66 samples of beet it is shown, that high efficiency differ multigerm seed samples typically fodder beet Aumoro (France), Trigonal (Netherlands), semisugar beet Solano, Favorite (Netherlands), red beet – multigerm seed grades Pushkin flat (Russia) Viteny Bordo (Lituania).

Одним из эффективных путей увеличения производства корнеплодов кормовой и столовой свеклы является выведение и внедрение в сельскохозяйственное производство высокопродуктивных сортов и гибридов, отвечающих требованиям индустриальных технологий возделывания. Современные сорта свеклы характеризуются высокой урожайностью, холодостойкостью и устойчивостью к болезням, но мало приспособлены для машинной уборки. Для сортов кормовой свеклы важно сочетание высокой урожайности корнеплодов с повышенным содержанием в них сухих веществ.

Для столовой свеклы проблемными остаются высокое качество корнеплодов, одноростковость, лежкость при длительном хранении, а также скороспелость растений второго года жизни [2].

Изучение мировой коллекции образцов кормовой и столовой свеклы разных эколого-географических групп позволяет выделить для Центрального района Нечерноземной зоны образцы, перспективные для селекции, со стабильным проявлением хозяйственно ценных признаков.

В Московском отделении ВИР (ныне отдел сохранения, поддержания и изучения генофонда ГНУ ВСТИСП) в научном овощном севообороте проводили комплексное изучение 66 образцов свеклы. Погодные условия в годы изучения были разнообразны, но в целом достаточно благоприятны по температурному режиму и влагообеспеченности.

Кормовая свекла

Сорта кормовой свеклы в зависимости от соотношения основных элементов продуктивности подразделены на три группы: I – типично кормовые (типа Эккендорфской желтой) – с высоким урожаем корнеплодов и пониженным содержанием сухого вещества; II – полусахарные (типа Полусахарной белой и розовой); III – сахаристые (типа Сахарной округлой), характеризующиеся пониженной урожайностью и повышенным содержанием сухого вещества. В наших условиях наиболее продуктивна полусахарная свекла. Образец Solano (Нидерланды) сочетал в годы исследований высокий урожай корнеплодов (67,9 кг/10 м^2), листьев (68,5 кг/10 м^2) с повышенным содержанием в них сухого вещества (17,6 и 9,2% соответственно). Высоким урожаем корнеплодов отличался французский образец Aumora – 118,2 кг/10 м^2 (табл. 1).

Таблица 1. Высокоурожайные образцы кормовой свеклы 2003 – 2005 гг.

№ по вр. к-ВИР	Образец	Происхождение	Урожай, кг/10 м^2		Содержание сухих веществ, %		Общий сбор сухих веществ	
			корнеплоды	листья	корнеплоды	листья	кг/10 м^2	% к стандарту
Типично кормовые								
1385	Эккендорфская желтая (ст.)	Россия	85,9	30,7	11,3	8,0	11,82	100
1918	Aumora	Франция	118,2	28,7	13,1	9,7	18,03	152
1685	Синьор	Польша	87,9	47,7	16,1	10,0	17,91	151
1886	Peragis Rote Walze	Франция	86,7	33,9	14,8	10,1	15,72	133
2190	Гибрид урожайный	Россия	98,7	38,1	12,0	7,5	14,56	123
2269	Голиаф (4х)	"	87,1	39,2	12,3	8,4	13,74	116

	$НСР_{05}$		29,5	10,8			4,2	
Полусахарные								
0143	Сахарная округлая (ст.)	Россия	41,5	35,3	18,1	9,4	10,76	100
1833	Solano	Нидерланды	67,9	68,5	17,6	9,2	18,97	176
570	Фаворит	"	61,1	51,9	16,1	9,0	15,27	140
2124	Porsina	Румыния	62,7	48,8	17,4	8,4	14,94	138
Сахаристые								
1801	Poly Past	Польша	43,8	53,2	18,8	9,5	13,40	124
	$НСР_{05}$		27,4	10,5			4,2	

В годы исследований масса корнеплода у типично кормовой свеклы составляла1,39 кг (0,84 – 2,56 кг), у полусахарной – 1,2 кг (0,58 – 2,09 кг), у сахаристой – 1,14 кг (1,01 – 1,38 кг). Более приспособлены для машинной уборки образцы полусахарной и сахаристой свеклы: Октябрьская, Сахарная округлая (РФ), Solo, Friso Mono (Нидерланды). Наибольший интерес представляют сорта с высокой нормой реакции, полнее реализующие свои потенциальные возможности. По нашим данным к таким относится полусахарный образец Фаворит (Нидерланды).

Столовая свекла

Образцы с плоской, округлой и округло-плоской формой корнеплодов имели небольшую разницу в урожайности. Наибольшей урожайностью среди изученных характеризовались образцы с формой корнеплода: плоской – Extra Early Flat Egyptian (74,7 кг/10 $м^2$), Пушкинская плоская (66,9 кг/10 $м^2$), Early Wonder (62,9 кг/10 $м^2$); округлой и округло-плоской – Витену Бордо (73,6 кг/10 $м^2$), Холодостойкая 19 (70,2 кг/10 $м^2$), Ленинградская округлая (65,1 кг/10 $м^2$); удлиненной – Cylindra (68,2 кг/10 $м^2$).

Образцы с плоской формой корнеплода наиболее скороспелы, пригодны для выращивания ранней продукции. Более приспособлены для машинной уборки и посадки семенников сорта столовой свеклы с округлой формой корнеплода (Одноростковая, Хавская односемянная, Banko, Red Cross).

По урожаю корнеплодов односемянные образцы уступали многосемянному стандарту, что согласуется с ранее полученными данными [1]. По сбору сухого вещества с единицы площади односемянные кормовые образцы приближались к многосемянному стандарту (табл. 2).

Таблица 2. Урожайность образцов односемянной кормовой свеклы, 2003 – 2005 гг.

№ по вр. к-ВИР	Образец	Происхождение	Урожай, кг/10 $м^2$		Сбор сухих веществ, кг/10 $м^2$		Общий сбор сухих веществ	
			корнеплоды	листья	корнеплоды	листья	кг/10 $м^2$	% к стандарту
Типично кормовые								
1385	Эккендорфская желтая (ст.)	Россия	85,9	30,7	9,52	2,30	11,80	100
1831	Monored	Нидерланды	80,6	46,1	11,74	4,07	15,81	134
1809	Trigonal	"	61,3	58,4	9,13	6,36	15,49	131
1817	Monovigor	Франция	60,1	58,0	9,67	5,68	15,35	130
1678	Юбилейная двусемянная	Россия	71,5	42,3	10,36	4,01	14,37	131
1818	Peramono	Германия	62,4	37,8	9,35	3,92	13,27	112
Полусахарные								
0143	Сахарная округлая (ст.)	Россия	41,5	35,3	7,50	3,26	10,76	100
1834	Gloriant	Нидерланды	68,0	44,7	13,10	6,55	19,65	182

№ по вр. к-ВИР	Образец	Происхождение	Урожай, кг/10 м^2		Сбор сухих веществ, кг/10 м^2		Общий сбор сухих веществ	
			корнеплоды	листья	корнеплоды	листья	кг/10 м^2	% к стандарту
1805	Monovert	"	66,7	54,3	11,07	5,43	16,50	153
1816	Monoblanc	"	65,7	53,2	11,90	4,32	16,22	150
1604	Monorosa	Германия	63,1	47,8	11,16	4,49	15,65	145
Сахаристые								
2193	Friso Mono	Нидерланды	49,7	49,7	9,92	4,79	14,71	136
	$НСР_{05}$		14,1	13,2	1,4	2,3		

Из типично кормовых односемянных образцов наиболее высоким урожаем корнеплодов характеризовался Monored (80,6 кг/10 м^2), среди полусахарных – Gloriant (68,0 кг/10 м^2).

Из образцов столовой свеклы в наших опытах отечественный сорт Одноростковая был по урожайности находился на уровне многосемянного стандарта Бордо 237, остальные изучавшиеся односемянные образцы уступали ему по этому показателю.

Устойчивость к корнееду

Полевая всхожесть семян свеклы нередко составляет 41 – 47% от лабораторной, а сохранность растений ко времени появления 1 – 2-й пары настоящих листьев – 26 – 36% [3]. При этом наряду с сортовыми особенностями, почвенно-климатическими условиями, уровнем агротехники особенную роль играет корнеед, поражающий всходы и молодые растения. По нашим данным, чем меньше поражение корнеедом, тем выше урожайность свеклы. Наиболее урожайные образцы кормовой свеклы Aumora (Франция) и Фаворит (Нидерланды) в меньшей степени (0,1 – 0,3 балла) поражались корнеедом (стандарт 0,8 балла).

По общему сбору биомассы выделились образцы: Aumora – 146,9 кг/10 м^2 (типично кормовой), Solano – 136,4 кг/10 м^2 (полусахарный), Poly Past – 87,0 кг/10 м^2 (сахаристый).

Изучавшиеся образцы столовой свеклы в полевых условиях отличались сравнительной устойчивостью к корнееду, особенно Adoptiv (Швеция) и Сквирская односемянная (Украина), кроме Egavo (Нидерланды), имевшего сравнительно высокий балл поражения (1,4). Степень поражения корнеедом растений многосемянной и односемянной свеклы была практически одинаковой.

Таким образом, при изучении 66 образцов коллекции типично кормовой, полусахарной и сахарной свеклы установлено, что в условиях Московской области наиболее продуктивны образцы полусахарной свеклы, среди которых по сбору сухих веществ с единицы площади (176% к стандарту) выделились Solano, Фаворит (Нидерланды). Высокой продуктивностью (150 – 182% к стандарту) отличались многосемянные образцы типично кормовой свеклы Aumora (Франция), Синьор (Польша) и односемянные Monored и Trigonal из Нидерландов. Из образцов столовой свеклы к наиболее урожайным относились Пушкинская плоская (Россия) и Витену Бордо (Литва).

Литература

1. *Буренин В. И.* Первоочередные задачи селекции кормовой свеклы // Селекция и семеноводство. М., 1983. № 1. С. 9 – 12.
2. *Квасников Б. И., Рабунец Н. А., Жидкова Н. И.* Основные задачи селекционной работы по столовым корнеплодам на период 1980 – 1990 г. // Бюл. ВИР. Л.: ВИР, 1978. № 90. С. 5 – 7.
3. *Полтарыхин Л. А.* Посевные качества и полевая всхожесть семян // Сахарная свекла. 1981. № 1. С. 29 – 30.

МОНИТОРИНГ РАЗНООБРАЗИЯ И СОХРАНЕНИЕ КУЛЬТУРНЫХ РАСТЕНИЙ И ИХ ДИКИХ РОДИЧЕЙ EX SITU И IN SITU ДЛЯ ПРЕДОТВРАЩЕНИЯ ГЕНЕТИЧЕСКОЙ ЭРОЗИИ

СТАРОМЕСТНЫЕ СОРТА ЯБЛОНЬ КАРЕЛЬСКОГО ПЕРЕШЕЙКА: МЕРЫ ПО НАДЁЖНОМУ СОХРАНЕНИЮ НАЦИОНАЛЬНОГО ДОСТОЯНИЯ РОССИИ

С. М. Алексанян[1], Л. А. Бурмистров[1], Н. П. Васильев[2], игумен Адриан[3], А. А. Сорокин[1], Н. Г. Тихонова[1]

[1]Государственный научный центр РФ Всероссийский научно-исследовательский институт растениеводства им. Н. И. Вавилова РАСХН, Санкт-Петербург, Россия, e-mail: s.alexanyan@vir.nw.ru

[2]Ботанический институт им. В. Л. Комарова, РАН, Санкт-Петербург, Россия,

[3]Храм Успения Богородицы, д. Заручье, Сланцевский район, Ленинградская область, Россия

Резюме

В рамках международного проекта: ВИР (Россия) – Bioversity International – Институт Г. Липпмана (Люксембург) в июне 2009 года было проведено экспедиционное обследование сохранившихся садов Карельского перешейка в окрестностях озера Отрадное (Приозерский район Ленинградской области). В результате было выявлено большое разнообразие староместных сортов яблони, произрастающих на месте бывших финских хуторов, и представляющих собой особый, отличающийся от других районов Северо-Западного региона России сортимент. Этот местный генофонд является уникальным по своему адаптивному потенциалу (перенёс ряд зим, когда температура опускалась ниже – 40 °С) и в тоже время очень уязвимым, поскольку, в основном, представлен деревьями перешагнувшими возрастной рубеж 65 – 80 лет. Выделенные экспедицией староместные сорта яблони получили идентификационные номера ВИР и с них в августе 2009 года были взяты черенки для закрепления в коллекции. Будут предприняты меры по надёжному сохранению этих сортов как национального достояния России.

LOCAL APPLE CULTIVARS OF KARELIAN ISTHMUS: MEASURES ON SAFE PRESERVATION OF RUSSIAN NATIONAL PROPERTY

S. M. Alexanian[1], L. A. Burmistrov[1], N. P. Vasilyev[2], hegumen Adriani[3], A. A. Sorokin[1], N. G. Tikhonova[1]

[1]N. I. Vavilov All-Russian Research Institute of Plant Industry, St. Petersburg, Russia, e-mail: s.alexanyan@vir.nw.ru

[2]V. L. Komarov Botanical Institute, St. Petersburg, Russia

[3]Temple of the Virgin Assumption, Zaruchje, Slantsy district, Leningrad Province, Russia

Abstract

A collecting mission aimed at exploring the extant orchards in the vicinity of Lake Otradnoye in the Karelian Isthmus (Priozersk District of Leningrad Province) has been carried out within the framework of an international project involving VIR (Russia), Bioversity International (Italy) and Centre de Recherche Public Gabriel Lippmann (Luxembourg). As a result, a rich diversity of apple-tree landraces growing on the sites of former Finnish farmsteads and significantly differing from apple varieties grown in other areas of the North-Western Russia has been found. This local apple-tree diversity has unique adaptive potential, as it has survived through a number of winters when frosts were below –40°C, but is also very susceptible, since most of the trees have surpassed the age of 65–80 years. The important apple-tree landraces were marked with VIR labels bearing individual identification numbers and in August 2009 their cuttings were taken to ensure safe conservation be of these landraces as a national treasure in the VIR ex situ collection.

Во время экспедиции удалось так же посетить Зеленецкий Свято-Троицкий монастырь, где усилиями иеромонаха Адриана на основе растительного материала, полученного из ВИР,

был заложен плодовый сад площадью 2 га, где были представлены основные плодовые и ягодные культуры: яблоня (более 60 сортов), груша (10 сортов), слива, вишня, смородина (35 сортов), крыжовник (7 сортов), малина (4 сорта), земляника [2]. К сожалению, будущее его вызывает тревогу в связи с переводом отца Адриана на другое место служения, а также в виду отсутствия рабочей силы для ухода за садом.

Целью вышеуказанного проекта является изучение питательной ценности плодов и ягод, выявление образцов, обладающих повышенной биологической активностью и, следовательно, полезностью для организма человека. Важность данной проблемы обусловлена тем, что в связи со стремительным ростом населения Земли отмечается и рост дефицита продовольствия, при этом резко ухудшилась и структура потребляемой пищи, поскольку из неё исчезают блюда традиционной национальной кухни [7]. Это является следствием внедрения промышленных селекционных сортов и вытеснения староместных сортов, обладающих уникальной адаптивной способностью к конкретным условиям выращивания. Часто новые коммерческие сорта, обладая высокой урожайностью и устойчивостью к патогенам, обладают посредственными вкусовыми качествами и неудовлетворительными питательными свойствами. Поэтому задача сохранения генофонда староместных сортов приобретает в настоящее время исключительно злободневный характер. Если этого не сделать сегодня, то завтра может быть уже поздно. Существенное ухудшение экологии, бесконтрольная хозяйственная деятельность, бесконечные локальные войны и межэтнические конфликты, экологические катастрофы и стихийные бедствия, уничтожение лесов, сокращение и загрязнение водных источников привели к невиданной ранее генетической эрозии. В исторически короткий срок исчезло не только множеств видов растений, но и целые видовые комплексы и фитоценозы. Множество видов, в том числе и дикорастущих родичей культурных растений, находятся на грани исчезновения. Та же самая ситуация характерна и для староместных сортов и полукультурных форм растений. В этой связи как никогда возрастает роль сохранения мировых растительных ресурсов, при этом резко возрастает роль глобальной сети генных банков.

Ключевыми проблемами для всех стран мира являются проблемы управления растительными ресурсами. Несмотря на то, что и Конвенция о биологическом разнообразии (КБР), и Международный договор по генетическим ресурсам растений для продовольствия и сельского хозяйства (МД) рассматривают *in situ* способ сохранения растительного разнообразия приоритетным, многие страны продолжают уделять не меньшее внимание сохранению в условиях *ex situ* [1].

Однако в условиях мирового финансово-экономического кризиса, когда отмечается хроническое недофинансирование программ по сбору, сохранению, изучению и использованию генетических ресурсов растений (ГРР), происходит нарастание процесса постепенной утраты национального достояния стран и накопленного предыдущими поколениями опыта и знаний, уже сегодня отрицательно сказывается на различных сторонах экономической, социальной, культурной и хозяйственной деятельности и, в целом, на продовольственной, экологической и биоресурсной безопасности стран.

Финансово-экономические проблемы в первую очередь затронули уже существующие ex situ коллекции, поэтому сохранение образцов, содержащихся в них, требует особого внимания, знаний и опыта. К сожалению, источники государственного финансирования становятся все более скудными, что влечет за собой отток научных кадров и как результат, возможную гибель ценных коллекций. Средняя стоимость поддержания одного образца составляет от 10 до 260 и даже 700 долларов США в год в зависимости от методов хранения [10]. Наиболее дорогостоящим является хранение плодовых культур в полевых генбанках.

Принципы сохранения плодовых культур существенно отличаются от культур, которые хранятся на длительной основе в виде семян. Применительно к коллекциям вегетативно размножаемых растений, в том числе и плодовых, различаются коллекции, включающие образцы, сохраняемые в естественных условиях (полевые генбанки) и образцы, заложенные на длительное хранение при сверхнизких температурах (- 196 ° С) (криоколлекции).

Плодовые культуры являются многолетними, вегетативно размножаемыми растениями, которые в настоящее время , в основном, сохраняются в полевых генных банках. При этом по достижении растениями предельного возраста коллекционные насаждения перезакладывают вновь и теоретически в идеальных условиях должны сохраняться вечно. Однако такой метод хранения в современных условиях (несмотря на возможность изучения биологических особенностей каждого образца в конкретных почвенно-климатических условиях) уже не в полной мере отвечает критерию надёжного сохранения генетического разнообразия. Основными его недостатками являются:

- **высокая стоимость поддержания коллекционных образцов** (большие капитальные затраты на выращивание посадочного материала, закладку коллекционных насаждений, поддержание высокого агрофона, обеспечение сохранности образцов и т. д.)
- **высокая степень риска утраты коллекционных образцов в результате стихийных бедствий** (жестокие морозы и засухи, массовые вспышки наиболее опасных болезней и вредителей, наводнения, ураганы, пожары)
- **высокая степень риска утраты коллекционных образцов в результате негативной антропогенной деятельности** (хищения растений, акты вандализма, борьба за передел собственности и рейдерские захваты земель с коллекционными садами).

Наконец, коллекции могут стать жертвами в результате боевых действий при локальных войнах и межэтнических конфликтах (как это было на бывшей Сухумской опытной станции ВИР в Абхазии), когда часть коллекции плодовых и цитрусовых культур была безвозвратно утеряна или агробиотерроризма. Учитывая вышеуказанные риски, существует необходимость диверсификации методов хранения с целью надежного сохранения имеющихся на сегодняшний день ГРР.

Всё большее развитие приобретает хранение оздоровленных образцов плодовых растений в условиях регулируемых условий среды и искусственных почвенных субстратов в культивационных сооружения как это делается, например, в Национальном хранилище гермоплазмы в Корваллисе (штат Орегон, США). В этом случае полностью обеспечиваются условия полностью исключающие какое-либо заражения коллекционного материала, в том числе вирусами, вироидами и микоплазмами. Растениям обеспечивается оптимальное питание и световой режим, фитосанитарный контроль и тестирование состояния здоровья. Черенковый материал таких коллекций используется для обмена образцами и интродукции. Стоимость таких научных комплексов очень велика и часто недоступна даже для стран с высоко развитой экономикой, поэтому в последнее время всё чаще ставится вопрос о кооперации усилий по созданию подобных центров на региональном уровне. Например, такое предложение выдвинуто при обсуждении стратегии сохранения генетических ресурсов земляники относительно создания единой лаборатории (центра) для стран ЕС.

Однако методы сохранения *ex situ* не в полной мере могут выявить генетический потенциал сохраняемых в полевых генбанках коллекционных образцов, поскольку растения оторваны от условий среды своего ареала происхождения и часто не адаптируются к новым эколого-почвенным условиям произрастания и находятся в ослабленном состоянии, что вызывает серьёзные проблемы с их сохранением. В связи с этим, всё больший масштаб приобретает понимания необходимости сохранения генетического разнообразия плодовых растений не только в полевых генбанках, но и *in situ*, в местах их происхождения и произрастания. Наиболее рационально и эффективно использование этого метода для сохранения дикорастущих родичей культурных растений, полукультурных форм, аборигенных сортов-популяций и староместных сортов. Поскольку, *in situ* сохранение таких растений позволяет нивелировать недостатки присущие *ex situ* сохранению.

Очень важной составляющей стратегии сохранения *in situ* является метод поддержания ГРР в живом виде *on farm / on garden*. Этот метод наиболее актуален для сохранения в крестьянских, приусадебных, фермерских садах, садах монастырей и коллекциях садоводов-

опытников уникальных староместных сортов, как правило, имеющих крайне ограниченный ареал и поэтому крайне уязвимых в условиях мощного пресса со стороны современных селекционных сортов. При этом необходимо в максимально возможной степени использовать накопленные многими поколениями знания по особенностям агротехники, микроклиматических и почвенных требований для их успешного выращивания, а также использования полученной продукции в пищу, а также в качестве профилактических и лечебных средств для поддержания здоровья и активной жизнедеятельности организма человека. Этот метод сохранения становится популярным среди местного населения и широко применяется при сохранении ГРР плодовых культур в ряде европейских стран (Швейцарии, Бельгии, Франции, Великобритании, Ирландии), а также в США и Австралии [8,9].

После распада СССР, промышленное плодоводство России находится в глубоком упадке и основное производство сконцентрировано в личных садах населения [5]. Как правило, ассортимент культур в этих садах намного шире и генетически богаче, поскольку значительную часть таких садов составляют староместные сорта, растения выращенные из семян или перенесённые в сад непосредственно из мест их естественного произрастания. Грамотная информационная политика позволит, на наш взгляд, существенно расширить сохранение *on farm* не только уникальных сортов, но и целого ряда малораспространённых культур и полукультурных форм именно на дачных и приусадебных участках. Правовую базу для этого создаёт глобальный договор о продовольственной безопасности и устойчивом ведении сельского хозяйства [4].

Кроме рассмотренных выше, всё большее распространение приобретает метод длительного хранения 2-почковых черенков (пока только яблони и в меньшей степени вишни) в жидком азоте (криогенное хранение). Американские учёные считают, что стоимость хранения одного образца при этом не превышает одного доллара в год. Так, в Форт-Коллинзе по этой технологии заложена на длительное хранении практически всю национальная коллекция яблони (более 1,5 тыс. образцов).

О важности культуры яблони в питании человека говорит тот факт, что она включена в список мандатных культур, составляющих основу глобальной продовольственной безопасности. По данным ФАО валовое производство яблок устойчиво растёт: в 1985 г. – 38, 9 млн. т, 1990 г – 41,0, 2000 г. – 50,2 млн. т и в 2007 г. – 64,2 млн т [11].

При проведении экспедиционного обследования старых садов на территории Карельского перешейка наибольший интерес представило уникальное разнообразие староместных сортов яблони, произрастающих на месте бывших финских хуторов в окрестностях озера Отрадное (Приозерский район Ленинградской области). Карельский перешеек – старинный очаг северного садоводства, где встретились два мощных потока интродукции – один из Скандинавии и стран Западной Европы и другой из северо-западных и центральных регионов Российской империи. Здесь в течение столетий сформировался особый, отличный от других районов Северо-Запада России сортимент яблони.

В этих садах до сих пор встречаются не только старинные сорта, помологические названия которых за давностью лет утеряны, но и формы, отобранные местными садоводами из растительного материала яблони неизвестного происхождения [3,6].

Этот местный генофонд является уникальным по своему адаптивному потенциалу, поскольку он перенёс ряд зим, когда морозы достигали – 40 и более градусов, и в тоже время очень уязвимым, поскольку, в основном, представлен деревьями, перешагнувшими возрастной рубеж 65 – 80 лет. Из-за отсутствия какого бы то ни было ухода значительная часть из них может быть утеряна навсегда уже в ближайшем будущем.

В результате обследования было выявлено 18 староместных сортов яблони, представляющих по своим хозяйственно-биологическим характеристикам наибольший интерес для привлечения в национальную коллекцию ВИР с целью их надёжного сохранения. Все они отмечены этикетками с соответствующими идентификационными номерами. В августе с 11 из них были взяты черенки (остальные не дали приростов текущего

года) и проведена окулировка для закрепления в коллекции яблони Пушкинского филиала ВИР. Помимо закрепления образцов в полевом генбанке, будут предприняты меры по улучшению состояния деревьев, находящихся на территории, прилегающей к озеру Отрадное, а также, при получении полноценных приростов, будут заготовлены 2-почковые черенки для передачи в криогенное хранилище и закладки их на длительное хранение в жидком азоте.

Во время экспедиционного обследования Ленинградской области, участники экспедиции, так же посетили питомник плодовых, ягодных и декоративных культур при храме Успения Богородицы (д. Заручье Сланцевского района Ленинградской области). Была достигнута договоренность о возможности использования данного питомника для целей поддержания наиболее ценных и уникальных по своим биолого-хозяйственным характеристикам образцов коллекции ВИР, в число которых могли бы войти и находящиеся на грани исчезновения староместные сорта ранее возделывавшиеся в крестьянских, помещичьих и монастырских садах и составляющих не только генетическое, но и культурно-историческое достояние нашей страны.

Парадоксальное на первый взгляд сотрудничество национально генбанка и Русской Православной церкви (РПЦ), на наш взгляд, является логичным продолжением той миссии которую РПЦ несла многие века в нашей стране. Традиционно храмы и монастыри были хранителями традиций и культурно-исторических ценностей народа, центром духовной и культурной жизни людей. С другой стороны именно церковь служила источником и проводником новых прогрессивных идей, образования, технологий и в целом ряде регионов была основой экономических процессов в обществе. Так, во многих регионах ежегодные ярмарки, где происходили основные экономические процессы, были приурочены к церковным праздникам и проходили в близи монастырей. Во многих регионах именно монастырские сады положили начало промышленному садоводству. На сегодняшний день во многих регионах России, когда разрушена социальная инфраструктура, именно церковь является средоточием духовной и культурной жизни людей, вникает в их нужды и пытается помочь и дает возможность людям получать новые знания и технологии, «вспоминать» забытые и утраченные традиции, как это мы видели в питомнике при храме Успения Богородицы.

Сохранение уникального генофонда староместных сортов имеет не только утилитарное, но и большое духовное значение, поскольку способствует укреплению связей между ушедшими и нынешними поколениями. Как раз, сохранить национальные, этические, культурные и религиозные корни призывает нас Русская Православная церковь. Она считает, что человек должен хотя бы на некоторое время оторваться от довлеющих над ним тяжелым грузом обыденных забот и почувствовать себя свободным, что бы через эстетическое восприятие начать свое восхождение к предметам духовным, памятуя о том, что храм является проекцией неба на земле и служит оплотом исторической памяти народа. Поэтому объединение усилий представителей церкви и организаций занимающихся сохранением растительной гермоплазмы, для возвращения надежного сохранения и может быть, что еще важнее возвращение староместных сортов в сады сегодня как никогда актуально. Мы надеемся, что выращивание староместных сортов, позволит не только обновить сортимент в садах, но и возродить утраченную культурно-исторческую цепь событий неразрывно связанных с выращиванием этих сортов.

Таким образом, для надёжного сохранения особо ценного растительного материала разработан и реализуется комплекс мер, включающий сохранение *in situ* в районе своего исходного произрастания в окрестностях озера Отрадное и *ex situ* – в коллекции Пушкинского филиала ВИР, в криогенном хранилище ВИР в условиях сверхнизких температур. Кроме того, возможно *on farm* сохранение в питомнике храма Успения Богородицы.

На наш взгляд такой комплексный подход к сохранению сортового наследия позволит надёжно обеспечить его неуязвимость от негативного воздействия любых неблагоприятных

природных и антропогенных факторов, поскольку может обеспечить 4-кратное дублирование уникального генофонда. Это первый в России опыт по созданию условий, исключающих утрату ценных растительных ресурсов яблони, модель которого может быть с успехом распространена и на другие культуры.

Литература

1. *Алексанян С. М.* Государство и биоресурсы. СПб: ВИР. 2003. 180 с.
2. *Иеромонах Адриан* Зеленецкий монастырь: вчера и сегодня // Земледелец, № 4. 2005. С. 92-94.
3. *Майорова В. И., Бурмистров Л. А., Керамидас К. К.* Местные сорта плодовых и ягодных растений северо-западного района Нечернозёмной зоны РСФСР // Тр. по прикл. бот., ген. и сел. Л.: ВИР, 1980. Т. 68. Вып. 3. С. 22-29.
4. Международный договор о растительных генетических ресурсах для производства продовольствия и ведения сельского хозяйства. ФАО. 2007. 45 с.
5. *Миронов С. М.* Вступительное слово председателя Совета Федерации Федерального Собрания Российской Федерации // Законодательное обеспечение развития садоводства в Российской Федерации / Под ред. И. М. Куликова. М.: ВСТИСП. 2006. С. 4-8.
6. *Чирков В. И.* Сады Валаама. СПб. 1998. 80 с.
7. Fruit and Vegetables for Health // Report of a Joint FAO/WHO Workshop, 1 – 3 September 2004, Kobe, Japan. P. 9-18.
8. *Goerre M.* Swiss activities in fruit genetic resources conservation // Report of Working Group on *Malus/Pyrus*. Second Meeting 2 – 4 May 2002. Dresden-Pillnitz, Germany / IPGRI: Rome. 2004. P. 58
9. *Latour M.* Short note on *Malus/Pyrus* genetic resources in Belgium // Report of Working Group on Malus/Pyrus Second Meeting 2 – 4 May 2002. Dresden-Pillnitz, Germany / IPGRI: Rome. 2004. P. 19.
10. *Virchow D.* Efficient conservation of crop genetic diversity. Theoretical approaches and empitical studies // Springer-Verlag. Berlin, Heidelberg. 2003. P.9.
11. http://faostat.fao.org/

ИДЕНТИФИКАЦИЯ ГЕНА Rf1 В КОЛЛЕКЦИИ ПОДСОЛНЕЧНИКА НА ОСНОВЕ МОЛЕКУЛЯРНОГО СКРИНИНГА

И. Н. Анисимова[1], В. А. Гаврилова[1], Н. В. Алпатьева[1], Г. И. Тимофеева[1], В. Т. Рожкова[1], Т. Т. Толстая[1], М. В. Дука[2]

[1]Государственный научный центр РФ Всероссийский научно-исследовательский институт растениеводства им. Н. И. Вавилова РАСХН, Санкт-Петербург, Россия, e-mail: irina_anisimova@inbox.ru

[2]Молдавский государственный университет, Кишинев, Молдова, e-mail: mduca2000@yahoo.com

Резюме

Впервые на обширном материале продемонстрированы возможности использования SCAR-маркеров HRG01 и HRG02 для идентификации в коллекции подсолнечника носителей доминантного гена *Rf1*, восстанавливающего фертильность пыльцы F_1 гибридов на основе цитоплазматической мужской стерильности (ЦМС) PET1. Установлено, что нуклеотидные последовательности фрагментов HRG02 гомологичны и идентичны в сайтах праймирования у культурного подсолнечника и многолетнего дикого вида *Helianthus giganteus*. Показано, что большинство линий-восстановителей фертильности пыльцы ЦМС PET характеризуются присутствием обоих маркеров. Амплифицированные фрагменты *HRG01* и *HRG02* выявлены у представителей многолетних и однолетних диких видов рода *Helianthus*. Популяции стародавних и современных сортов оказались гетерогенными по наличию – отсутствию маркеров *HRG01* и *HRG02*, что подтверждает предположение о присутствии генов восстановления фертильности в генофонде отечественных сортов подсолнечника.

IDENTIFICATION OF THE Rf1 GENE IN SUNFLOWER COLLECTION WITH THE USE OF MOLECULAR SCREENING

I. N. Anisimova[1], V. A. Gavrilova[1], N. V. Alpatieva[1], G. I. Timofeeva[1], V. T. Rozhkova[1], T. T. Tolstaya[1], M. V. Duka[2]

[1]State Scientific Centre N. I. Vavilov All-Russian Research Institute of Plant Industry of RAAS, St. Petersburg, Russia, e-mail: irina_anisimova@inbox.ru

[2]State University of Moldova, Chişinău, Moldova, e-mail: irina_anisimova@inbox.ru

Abstract

Possibilities for using the SCAR-markers *HRG01* and *HRG02* for the identification in the sunflower collection of the genotypes possessing dominant gene *Rf1* which restores fertility of F_1 hybrids based on cytoplasmic male sterility (CMS) PET1 have been firstly demonstrated. The *HRG02* nucleotide sequences of the cultivated sunflower and wild perennial species *Helianthus giganteus* were found to be homologous and identical in the priming sites. The majority of restorer lines possessed both markers. The amplified fragments *HRG01* and *HRG02* were revealed among the representatives of perennial and annual wild *Helianthus* species. The populations of ancient and modern varieties were heterogeneous by the occurrence of the *HRG01* and *HRG02* markers that indicates the presence of fertility restoration genes within the Russian sunflower varieties.

Введение

Восстановление фертильности пыльцы в результате эффектов доминантных ядерных генов *Rf* имеет принципиальное значение при производстве гибридных семян различных культур (подсолнечника, риса, сахарной свеклы, рапса и др.) на основе цитоплазматической мужской стерильности (ЦМС) [6]. У подсолнечника (*Helianthus annuus*) к настоящему времени описаны более 70 источников ЦМС, каждый из которых требует присутствия в геноме определенных генов восстановления фертильности. В результате изучения молекулярного разнообразия 29 различных источников выделено несколько типов ЦМС, различающихся организацией митохондриальной (мт) ДНК [9]. Все современные промышленные гибриды подсолнечника созданы на основе одного источника ЦМС PET1, полученной Леклерком из межвидового гибрида *H. petiolaris* × *H. annuus* [13]. Отличается мтДНК PET1 от мтДНК фертильных форм наличием инверсии 11 т.н. и инсерции 5 т.н., приводящих к появлению новой открытой рамки считывания *orfH522*, ко-транскрибируемой вместе с геном *atp*A и кодирующей белок 16 кДа [9, 10]. Кроме PET1, такой же тип молекулярной организации мтДНК имеют источники ЦМС, возникшие у *H. annuus* в результате спонтанных мутаций, полученные путем искусственного мутагенеза, а также созданные на основе гибридизации с дикими видами *H. argophyllus*, *H. petiolaris*, *H. praecox*, *H. anomalus*, *H. exilis*, *H. neglectus*. На основе *H. petiolaris* создан еще один источник ЦМС – PET2, мтДНК которого имеет иную организацию, чем мтДНК PET1 [9]. Показано, что один из генов, необходимых для восстановления фертильности форм с ЦМС PET1, присутствует в генотипе большинства линий-закрепителей стерильности [15], а другой – *Rf1* – должен быть введен из линии-восстановителя. Линии генетической коллекции ВИР восстанавливают фертильность ЦМС PET при комплементарном взаимодействии двух доминантных генов [2, 3]. Линий-восстановителей фертильности, четко дифференцирующих ЦМС PET1 и PET2, в коллекции нет.

Поиск генотипов, обладающих способностью к восстановлению фертильности пыльцы при скрещиваниях с линией ЦМС и одновременно несущих гены автофертильности, является важным этапом работ по созданию родительских форм гибридов подсолнечника. Однако генетическое разнообразие подсолнечника коллекции ВИР по признаку восстановления фертильности пыльцы ЦМС форм изучено недостаточно полно. Процесс идентификации генотипов, несущих гены *Rf*, – длительный и трудоемкий; он включает проведение скрещиваний и оценку фертильности пыльцы растений F_1 на стадии цветения. R. Horn с соавторами [11] идентифицировали RAPD-маркеры OPK13_454 и OPY10_740, тесно сцепленные с локусом *Rf1* (0,8 сМ и 2 сМ соответственно), и успешно конвертировали их в

SCAR-маркеры *HRG01* и *HRG02*. Для идентификации митохондриального гена *orfH522*, характерного для ЦМС PET1, разработан STS-маркер [14]. Цель настоящей работы – идентификация с помощью молекулярных маркеров в коллекции ВИР генотипов подсолнечника, несущих ген *Rf1*, восстанавливающий фертильность пыльцы ЦМС PET1.

Материалы и методы

Материал исследования – 86 образцов подсолнечника из коллекции ВИР, в их числе – линии-аналоги с ЦМС PET, линии-закрепители стерильности, автофертильные линии, сорта отечественной селекции, однолетние и многолетние дикие виды, межвидовые гибриды [4, 5]. Способность ряда линий к восстановлению фертильности пыльцы мужски стерильных форм анализировали путем тест-скрещиваний с линиями-аналогами на основе ЦМС PET с последующей оценкой проявления признака во время цветения растений F_1. Весь материал репродуцирован в условиях Кубанской опытной станции ВИР.

Геномную ДНК выделяли из этиолированных проростков с использованием модифицированного CTAB-метода [8]. Для амплификации маркерных последовательностей *HRG01* и *HRG02* использовали праймеры K13 (прямой 5′-TATGCATAATTAGTTATACCC-3′, обратный 5′-ACATAAGGATTATGTACGGG-3′) и Y10 (прямой 5′-AAACGTGGGAGAGAGGTGG-3′, обратный 5′-AAACGTGGGCTGAAGAACTA-3′). Для идентификации фрагмента митохондриального гена *orfH522*, специфичного для ЦМС PET1, использовали праймеры (прямой 5′-TGCCTCAACTGGATAAATTCAC-3′, обратный 5′-ACCGTTCTCTCACGAGTTGAAG-3′). ПЦР проводили при условиях, рекомендованных разработчиками праймеров [11, 14]. RAPD-анализ с произвольными декамерными олигонуклеотидными праймерами OPA11, OPA16, OPC02, OPC14, OPH15 выполнен в соответствии со стандартными протоколами [9]. В опытах анализировали по 3 – 5 индивидуальных растений у линий и диких видов и до 25 растений у сортов. Каждый эксперимент выполнен в 2 – 3 повторностях. Рестрикционный анализ амплифицированных последовательностей выполнен по протоколам фирмы-производителя. Для клонирования амплифицированных фрагментов использовали вектор pAL-TA Vector (EVROGEN). Очистку ПЦР-продуктов из амплификационной смеси проводили в 1% агарозном геле. Лигирование вектора со вставкой проводили согласно протоколу, рекомендованному фирмой EVROGEN (http://evrogen.ru/kit-user-manuals/pAL-TA.pdf). Для трансформации использовали штамм DH5L *E. coli*. Отбор клонов проводили при помощи ПЦР с праймерами M13. Продукты ПЦР разделяли электрофорезом в 1% агарозном геле и отбирали клоны со вставкой нужного размера. Секвенирование проводили по методике, рекомендованной фирмой Beckman Coulter (http://www.beckmancoulter.com), на секвенаторе CEQ 8000. Поиск гомологичных последовательностей осуществляли в поисковой системе BLASTN 2.2.16 (Basic Local Alignment Search Tool) (http://www.ncbi.nlm.nih.gov/blast/).

Результаты и обсуждение

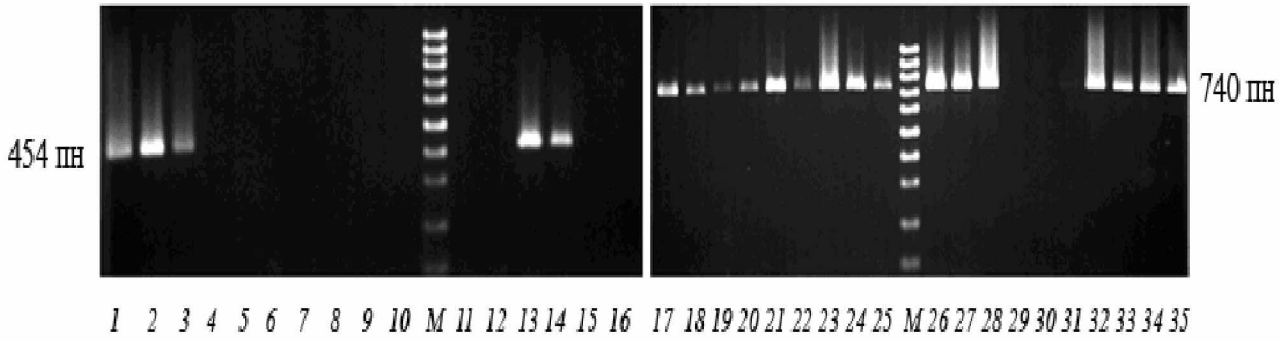
На ДНК изученных генотипов праймеры K13 и Y10 инициировали синтез фрагментов ожидаемого размера (454 пн и 740 пн соответственно) либо не давали продуктов амплификации. Результаты рестриктного анализа свидетельствовали об отсутствии полиморфизма нуклеотидной последовательности *HRG02* различных генотипов *H. annuus* и однолетних диких видов в сайтах узнавания *HaeIII*, *RsaI* и *TaqI*. Для установления возможности использования SCAR-маркеров для поиска гена *Rf1* среди филогенетически отдаленных представителей рода *Helianthus* был проведен сравнительный анализ нуклеотидных последовательностей маркерного фрагмента *HRG02* однолетнего (*H. annuus*) и многолетнего диплоидного (*H. giganteus*) видов. После клонирования в векторе pAL-TA фрагмент *HRG02*, амплифицированный на ДНК культурного подсолнечника, имел длину 734 нуклеотида, а фрагменты дикого вида, обозначенные 1, 2, 3, – 726, 622 и 722 нуклеотидов соответственно.

Нуклеотидные последовательности фрагментов 1, 2, 3, амплифицированных с праймерами Y10 на геномной ДНК дикого вида, оказались полиморфными. Каждый из них

имел участок протяженностью около 600, 500 и 300 нуклеотидов соответственно, сходный с последовательностями фрагмента культурного вида (процент идентичности варьировал от 70 до 90% у разных фрагментов). Последовательности, находящиеся с 5' и 3'концов секвенированных фрагментов, оказались строго консервативными и были идентичны праймерам, разработанным для идентификации гена *Rf1*. Исключение составил фрагмент 2 (*H. giganteus*), имеющий как на 5', так и 3'концах последовательности, идентичные праймеру Y10 forward. Все фрагменты имели значительную степень гомологии с фрагментом геномной ДНК линии НА383 культурного подсолнечника (Tang et al., unpublished) и с фрагментом хромосомы *Taraxacum officinale* (Hulzink et al., unpublished). Таким образом, установлено, что фрагмент ДНК многолетнего дикого вида *H. giganteus*, амплифицируемый с помощью праймеров Y10, гомологичен фрагменту генома однолетнего культурного подсолнечника

H. annuus и высокополиморфен по нуклеотидной последовательности. Эти данные косвенно свидетельствуют о консервативности сайтов праймирования Y10 у однолетнего и многолетнего видов и подтверждают возможность использования маркера *HRG02* для идентификации гена *Rf1* у различных представителей рода *Helianthus*.

Маркерные фрагменты не синтезировались на геномной ДНК линий-аналогов на основе ЦМС PET, за исключением отдельных растений линий НА89 и ВИР114, в ампликонах которых присутствовал фрагмент *HRG02* (табл. 1; см. рис.). Ампликоны семи автофертильных линий, для которых способность к восстановлению фертильности ЦМС PET не подтверждена данными тест-скрещиваний [5], характеризовались отсутствием обоих фрагментов либо наличием только одного из них (*HRG02*). В то же время у 12 из 16 проанализированных линий-восстановителей выявлены оба маркера. Исключение составили линии ВИР364, ВИР365, ВИР366 и ВК571, у которых оба маркера отсутствовали. Тем не менее, наличие гена *Rf1* у автофертильных линий-восстановителей подтверждается данными молекулярного анализа их митохондриального генома. Оказалось, что подавляющее большинство линий характеризуется присутствием молекулярного маркера, свойственного ЦМС PET1. По-видимому, это объясняется происхождением многих линий коллекции из межлинейных гибридов, материнскими формами которых служили линии с ЦМС PET1 [1]. Так, например, маркерный фрагмент *orfH522* размером 516 пн, специфичный для мтДНК PET1, синтезирован на геномной ДНК линий ВИР365 и ВИР364, у которых не выявлены маркерные фрагменты *HRG01* и *HRG02*. Поддержание мужской фертильности этих и других линий, имеющих стерильную цитоплазму, возможно лишь при наличии в их генотипах гена-восстановителя. Следовательно, косвенным свидетельством присутствия гена *Rf1* в генотипе автофертильной линии, не имеющей маркеров *HRG01* и *HRG02*, может служить наличие митохондриального маркера *orfH522*. Подобная ситуация возможна лишь для линий, имеющих стерильную цитоплазму типа PET1, поскольку формы с ЦМС PET2 имеют иной тип организации мтДНК. Заметим, что R. Horn [11] также не удалось выявить маркеры гена *Rf1* у двух из 11 проанализированных линий-восстановителей фертильности пыльцы форм с ЦМС PET1. Некоторые линии, в частности ВИР114 (закрепитель стерильности ЦМС PET) и ВИР900 (восстановитель фертильности пыльцы форм с другим типом ЦМС – RIG), а также линии, выделенные из межвидовых гибридов ВИР114 Ч *H. tomentosus*, НА232 Ч *H. laetiflorus*, НА232 Ч *H. giganteus* и ВИР151 Ч *H. trachelifolius*, оказались неоднородными по наличию – отсутствию маркерных последовательностей *HRG01* и *HRG02*. Данные о гетерогенности линий согласуются с результатами молекулярно-генетического анализа тех же форм с использованием RAPD-маркеров и свидетельствуют о нестабильности их генома. Так, методом RAPD-анализа выявлена внутрилинейная гетерогенность линии ВИР900 и линий, выделенных из межвидовых гибридов НА232 Ч *H. laetiflorus*, ВИР151 Ч *H. trachelifolius* и ВИР114 × *H. tomentosus* в 12-м поколении инбридинга. RAPD-спектры линий НА232 Ч *H. mollis*, НА232 Ч *H. angustifolius*, ВИР114 × *H. tomentosus* и ВИР151 Ч *H. occidentalis* 8-го и 12-го поколений инбридинга также различались.



Продукты амплификации геномной ДНК отдельных растений подсолнечника с праймерами К13 (*1-16*) и Y10 (*17-35*): *1-3* – Фуксинка 62; *4-12* – Харьковский 3; *13* – RIL38; *14* – RIL130; *15*, *16* – Скороспелый 87; *17*, *18* – *H. nuttallii*; *19* – *H. petiolaris*; 20 – *H. mollis*; *21*, *22* – *H. argophyllus*; *23-25* – ВИР700; *26-28* – ВИР740; *29-31* – ВИР364; *31-35* – ВИР792. *M* – маркер молекулярной массы М 100 bp (Диалат)

Известно, что источниками генов *Rf* для культурного подсолнечника являются дикие виды. Материнскими формами межвидовых гибридов являлись ЦМС линии ВИР151, НА232 и ВИР114. Отсюда можно предположить, что ген *Rf1*, идентифицированный в генотипах этих гибридов с помощью молекулярных маркеров, был получен из генома многолетнего вида, использованного в качестве отцовского родителя. Маркерный фрагмент *HRG02* наблюдался в продуктах ПЦР у всех изученных образцов многолетних видов, тогда как маркер *HRG01* – лишь у одного (*H. angustifolius*). У большинства изученных форм – производных межвидовых гибридов – выявлен маркер *HRG02*. Все это может служить косвенным подтверждением факта интрогрессии фрагмента генома дикого вида, несущего ген *Rf1*. SCAR-маркер *HRG02* идентифицирован у всех изученных образцов многолетних видов (*H. giganteus*, *H. occidentalis*, *H. nuttallii*, *H. mollis*, *H. multiflorus*), тогда как маркер HRG01 – лишь у *H. angustifolius*. Маркерный фрагмент *HRG02* наблюдался у всех изученных однолетних видов (*H. argophyllus*, *H. debilis*, *H. petiolaris*). У *H. argophyllus* идентифицирован также и маркер *HRG01*. Согласно ранее полученным данным, линии, выделенные из межвидовых гибридов, являются восстановителями фертильности пыльцы для ЦМС PET. Они ветвисты и поэтому могут служить идеальными кандидатами для использования в качестве отцовских форм при производстве гибридных семян [4, 5].

Таблица 1. Результаты скрининга образцов коллекции с использованием SCAR-маркеров локуса *Rf1*

Группа генотипов	Название	Наличие маркера	
		HRG01	*HRG02*
Стерильные (А) формы	ВИР101, ВИР109, ВИР116, ВИР471, ВИР340, ВИР151, ВИР130	–	–
Фертильные (Б) формы (закрепители стерильности)	НА89, ВИР114* ВИР116, ВИР471, ЮВ28, ВИР130, ВИР160, ВИР340	– –	+ –
Автофертильные линии	**ВИР792, ВИР793, ВИР637, ВИР900*, RIL38, RIL130, RIL228, ВИР581, ВИР681, ВИР653, ВИР700, ВИР740, ВИР558***	+	+
	ВИР503, ВИР502, ВИР17, ВИР218*, ВИР254	– –	+ –

	ВИР450, ВИР395, **ВИР364, ВИР365, ВИР366, ВК571**		
Межвидовые гибриды	**НА232 Ч *H. mollis***, НА232 Ч *H. angustifolius*, НА232 Ч *H. californicus*, **НА232 Ч *H. maximillianii***, НА232 Ч *H. strumosus*, НА232 Ч *H. giganteus**, **ВИР151 Ч *H. trachelifolius****, ВИР151 Ч *H. occidentalis*, ВИР114 Ч *H. tomentosus**, **ВИР129 Ч *H. floridanus***, ВИР117 Ч *H. decapetalus*, ВИР114 Ч *H. rigidus*	+	+
	НА232 Ч *H. laetiflorus**, НА232 Ч *H. grosseserratus*, **ВИР151 Ч *H. giganteus***, ВИР114 Ч *H. giganteus*, ВИР117 Ч *H. divaricatus*, ВИР137 Ч *H. mollis*	–	+
	ВИР151 Ч *H. californicus*, ВИР117 Ч *H. strumosus*, НА89 Ч *H. strumosus* (мн), ВИР129 Ч *H.occidentalis* (мн), ВИР114 Ч *H. hirsutus*, ВИР471 Ч *H. strumosus*, ВИР116 Ч *H. decapetalus*, ВИР100 Ч *H. strumosus*	–	–
Многолетние дикие виды	*H. angustifolius* *H. giganteus*, *H. hirsutus*, *H. occidentalis*, *H. nuttallii*, *H. mollis*, *H. multiflorus*	+ –	+ +
Однолетние дикие виды	*H. argophyllus* *H. debilis*, *H. petiolaris*	+ –	+ +

Примечание * – отдельные растения различаются по наличию маркеров; жирным шрифтом выделены генотипы, восстанавливающие фертильность пыльцы в тест-скрещиваниях с линиями ЦМС PET1; (мн) многолетние жизненные формы; «–» наличие маркера; «+» отсутствие маркера.

Молекулярные маркеры гена *Rf1* выявлены у большинства проанализированных сортов, за исключением Д-306 (табл. 2 – на след.стр.). В популяциях четырех сортов присутствовали растения с маркером *HRG02*, а растения стародавнего сорта Фуксинка 62 характеризовались наличием только маркерного фрагмента *HRG01*. Единичные растения, у которых выявлены оба маркера, обнаружены в сортовых популяциях Саратовский 85 и Харьковский 7. В то же время 7 из 18 проанализированных растений сорта Передовик имели оба маркера. Этот факт свидетельствует о том, что сортовые популяции подсолнечника могут являться источниками генов восстановления фертильности пыльцы ЦМС-форм. Jan с соавторами [12] предположили, что генофонд российских сортов является потенциальным источником генов *Rf* поскольку в его формировании принимали участие межвидовые гибриды. Действительно, сорта Прогресс, Лидер, Березанский и некоторые другие созданы на основе межвидовых гибридов. В то же время в генеалогии сорта Передовик дикие виды не отмечены. Тем не менее, необходимо подчеркнуть, что при анализе полиморфизма запасного белка семян гелиантинина в популяции этого сорта с высокой частотой наблюдались электрофоретические варианты полипептидов, характерные для гибридов от скрещиваний линий культурного подсолнечника с многолетними дикими видами рода *Helianthus* [7].

Таким образом, результаты исследования подтверждают возможность использования молекулярных маркеров для идентификации источников гена *Rf1*, восстанавливающего фертильность пыльцы ЦМС PET1, широко используемой при создании промышленных гибридов подсолнечника. Данные о распределении молекулярных маркеров локуса *Rf1* среди представителей коллекции ВИР могут быть использованы при подборе исходных форм для селекции гетерозисных гибридов подсолнечника.

Работа выполнена при частичной финансовой поддержке РФФИ (проект 08-04-90112-Мол_а) и Академии наук Молдовы (проект 08.820.04.19RF).

Таблица 2. Результаты скрининга сортов с использованием SCAR-маркеров локуса *Rf* 1

Название	Происхождение	Число растений			
		без маркеров	с маркером		
			HRG01	HRG02	*HRG01* и *HRG02*
Фуксинка 62	Воронежский СХИ	0	3	0	0
Зеленка 61	"	1	0	5	0
Скороспелый 87	НИИСХ Юго-Востока	2	0	17	0
Саратовский 85	"	4	0	8	1
Степной 81	"	8	0	3	0
Харьковский 3	Институт растениеводства им. В. Я. Юрьева	3	1	1	0
Харьковский 7	» »	7	0	1	1
Белгородский 94	Белгородская селекционно-семеноводческая фирма «Масло-С»	3	1	0	0
Д-306	Донская опытная станция ВНИИМК	6	0	0	0
Лакомка	ВНИИМК	5	0	3	0
Передовик	"	4	1	6	7

Литература

1. *Анащенко А. В. и др.* Самоопыленные маркированные линии подсолнечника // Каталог мировой коллекции ВИР. СПб.: ВИР, 1992. Вып. 627. 26 с.
2. *Анащенко А. В., Дука М. В.* Изучение генетической системы ЦМС – *Rf* у подсолнечника (*Helianthus annuus* L.). Сообщ. II. Восстановление мужской фертильности у гибридов на основе $ЦМС_P$ // Генетика. 1985. Т. 21, № 12. С. 1999 – 2004.
3. *Анащенко А. В., Дука М. В.* Изучение генетической системы ЦМС – *Rf* у подсолнечника (*Helianthus annuus* L.). Сообщ. VI. Идентификация генов *Rf* из разных источников восстановителей фертильности // Генетика. 1986. Т. 22, № 1. С. 80 – 85.
4. *Гаврилова В. А., Анисимова И. Н.* Генетика культурных растений // Подсолнечник. СПб.: ВИР, 2003. 186 с.
5. *Гаврилова В. А., Рожкова В. Т.* Доноры восстановления фертильности пыльцы линий ЦМС

подсолнечника для гетерозисной селекции // Идентифицированный генофонд растений и селекция // Под ред. Б. В. Ригина. СПб.: ВИР, 2005. С. 377 – 389.
6. *Иванов М. К., Дымшиц Г. М.* Цитоплазматическая мужская стерильность и восстановление фертильности пыльцы у высших растений // Генетика. М., 2007. Т. 43, № 4. С.451 – 468.
7. *Anisimova I. N., Gavriljuk I. P., Konarev V. G.* Identification of sunflower lines and varieties by helianthinin electrophoresis // Plant Varieties Seeds. 1991. № 4. P. 133141.
8. *Doyle J. L., Doyle J. L.* Isolation of plant DNA from fresh tissue // Focus. 1990. V. 12. P. 13 – 15.
9. *Horn R.* Molecular diversity of male-sterile inducing and male-fertile cytoplasm in the genus *Helianthus* // Theor. Appl. Genet. 2002. V. 104. P. 562 – 570.
10. *Horn R.* Cytoplasmic male-sterility and fertility restoration in higher plants // Prog. Bot. 2006. V. 67. P. 31 – 52.
11. *Horn R., Kusterer B., Lazarescu E. et al.* Molecular mapping of the *Rf1* gene restoring fertility in PET1-based F1 hybrids in sunflower (*Helianthus annuus* L.) // Theor. Appl. Genet. 2003. V. 106. P. 599 – 606.
12. *Jan C. C. et al.* Inheritance of fertility restoration for two cytoplasmic male-sterility sources of *Helianthus pauciflorus* (*rigidus*) Nutt. // Crop Science. 2002. V. 42. P. 1873 – 1875.
13. *Leclerq P.* Une sterilite cytoplasmique chez le tournesol // Ann. Amelior. Plant. 1969. V. 19.P. 99 – 106.
14. *Schnabel U., Engelman U., Horn R.* Development of markers for the use of the PET1 cytoplasm in sunflower hybrid breeding // Plant Breeding. 2008. V. 127, № 6. P. 541 – 652.
15. *Serieys H.* Identification, study and utilization in breeding programs of new CMS Sources. FAO progress report (1991 – 1994) // Helia (special issue). 1996. № 19. C. 144 – 160.

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ МАРКЕР-ВСПОМОГАТЕЛЬНОЙ СЕЛЕКЦИИ И ФИТОПАТОЛОГИЧЕСКОЙ ОЦЕНКИ ДЛЯ ОТБОРА УСТОЙЧИВЫХ К ВИРУСАМ Y И X ГЕНОТИПОВ КАРТОФЕЛЯ

О. Ю. Антонова, Е. В. Рогозина, А. Р. Исламшина, О. Ю. Шувалов, Е. И. Большакова, Н. А. Чалая, Т. А. Гавриленко
Государственный научный центр РФ Всероссийский НИИ Растениеводства им. Н. И. Вавилова, Санкт-Петербург, Россия, e-mail: olgaant326@yandex.ru

Резюме

Проведен молекулярный скрининг сортов и образцов культурных и диких видов картофеля с использованием ДНК-маркеров, тесно сцепленных с *R* генами, контролирующими устойчивость к вирусам Y и X картофеля. Параллельно все генотипы, участвующие в молекулярном скрининге, были протестированы на наличие полевой устойчивости к вирусам X и Y с использованием метода ELISA; ряд генотипов был также протестирован методом искусственного заражения. Выявлен ряд селекционных сортов с маркерными компонентами генов Ry_{adg}, $Ry\text{-}f_{sto}$ и *Rx1*, а среди видообразцов – устойчивые к вирусам генотипы, несущие маркеры нескольких генов устойчивости. Обсуждаются проблемы и перспективы маркер-вспомогательной селекции при скрининге широкого видового разнообразия картофеля.

APPLICATION OF THE PCR-BASED MARKERS AND CONVENTIONAL RESISTANCE TESTS FOR SELECTING POTATO GENOTYPES WITH RESISTANCE TO POTATO VIRUSES Y AND X

O. Yu. Antonova, E. V. Rogozina, A. R. Islamshina, O. Yu. Shuvalov, E. I. Bolshakova, N. A. Chalaya, T. A. Gavrilenko
N. I. Vavilov All-Russian Research Institute of Plant Industry, St. Petersburg, Russia, e-mail: olgaant326@yandex.ru

Abstract

Molecular screening of potato cultivars and accessions of cultivated and wild species has been performed using DNA PCR-based markers tightly linked with *R* genes that confer extreme resistance to

potato viruses Y and X. At the same time, all the studied genotypes have been tested for the field resistance to PVX and PVY using ELISA test. Also, a number of genotypes was tested for resistance to these viruses by mechanical inoculation and grafting. A number of cultivars with diagnostic markers for the Ry_{adg}, Ry_{sto}, $Ry\text{-}f_{sto}$ genes was detected, as well as the genotypes carrying a combination of markers for different resistance genes were found among accessions of cultivated and wild species. The perspectives and problems of applying the molecular marker-assisted selection when screening a wide specific diversity are discussed.

Вирусные заболевания могут приводить к потерям урожая у восприимчивых сортов картофеля до 60–80% и существенно снижать качество посевного материала. Известно более 30 поражающих картофель вирусов, из которых наиболее распространенными на территории Российской Федерации являются вирус скручивания листьев (ВСЛК), вирусы Y, X, S, и M [1]. Поиск генетически разнородных источников и доноров устойчивости к вирусам и создание на их основе новых устойчивых сортов является важной задачей исследователей и селекционеров.

Метод маркер-вспомогательной селекции (MAS), основанный на использовании ДНК-маркеров, тесно сцепленных с генами устойчивости, значительно интенсифицирует отбор растений, устойчивых к патогенам, позволяя: существенно увеличить выборку тестируемого материала; одновременно отбирать генотипы, потенциально устойчивые к разным вирусам, и как результат – значительно сократить временные затраты на создание новых форм с устойчивостью к разным вирусным заболеваниям [5]. На основе последовательностей, тесно сцепленных с *R* генами устойчивости картофеля (http://www.gabipd.org/database/maps.shtml), был разработан ряд маркеров для проведения молекулярного скрининга; данные маркеры были выявлены у устойчивых и отсутствовали у восприимчивых сортов и/или селекционных клонов [4, 5, 7].

Образцы многих диких и культурных видов картофеля высокоустойчивы к вирусным заболеваниям и активно используются в селекционном процессе. Так, например, ряд селекционных сортов получил ген $Ry\text{-}f_{sto}$ (локализован в XII хромосоме) – от мексиканского вида *S. stoloniferum* [4, 8, 9]. У *S. stoloniferum* также идентифицирован другой ген устойчивости к вирусу Y – Ry_{sto}, локализованный в XI хромосоме [3]. Культурный вид *S. tuberosum* subsp. *andigena* послужил источником другого гена, контролирующего устойчивость к вирусу Y – ген Ry_{adg} (локализация в XI хромосоме) [6] и гена *Rx1*, определяющего устойчивость к вирусу X [2].

Материалы и методы

Материал для исследования включал 107 селекционных сортов, 38 чилийских и 95 андийских аборигенных сортов, 177 образцов культурных видов [*S. ajanhurii* (8 образцов), *S. chaucha* (27), *S. curtilobum* (11), *S. juzepczukii* (13), *S. phureja* (44), *S. stenotomum* (74)] и 108 образцов диких видов картофеля [*S. acaule* (12 образцов), *S. albicans* (1) *S. brevicaule* (5), *S. bukasovii* (2), *S. canasense* (2), *S. demissum* (8), *S. gourlayi* (12), *S. hondelmanii* (7), *S. leptophyes* (4), *S.maglia* (3), *S. megistacrolobum* (2), *S. multidissectum* (7), *S. oplocense* (5), *S. spegazzinii* (13), *S. sparsipilum* (7), *S. stoloniferum* (8), *S. tarnii* (1), *S. vernei* (3)].

В настоящей работе были использованы маркеры, разработанные для молекулярного скрининга селекционных сортов картофеля на устойчивость к вирусам X и Y, а именно: CAPS маркеры CP60/DdeI$_{350}$ и GP122/EcoRV$_{406}$, тесно сцепленные с генами *Rx1* и $Ry\text{-}f_{sto}$ соответственно, локализованные в XII хромосоме [2, 9] и SCAR-маркер гена Ry_{adg} (RYSC3), картированного в XI хромосоме генома картофеля [7]. Данные маркеры были использованы для скрининга сортов и исходного селекционного материала из коллекции ВНИИР им. Н. И. Вавилова с целью поиска источников и доноров генов устойчивости к вирусам Y и X картофеля.

Параллельно большая часть генотипов, участвовавших в молекулярном скрининге, была протестирована на наличие полевой устойчивости к вирусам Y и X картофеля (YBK и XBK) с использованием метода ELISA; ряд генотипов был также протестирован методом искусственного заражения – с использованием механической инокуляции и прививок. Для приготовления вирусного инокулюма использованы растения-накопители *Nicotiana tabacum*

(сорт Samsun). Использованы обычный штамм ХВК (источник инфекции сорт Osa, IHAR, Poland), обычный штамм YBK (сорт Детскосельский), некротический штамм YBK (сорт Wilga). Диагностику вирусного поражения осуществляли методом ELISA спустя 4–5 недель после инокуляции. У растений определяли следующие типы реакции на вирусную инфекцию: восприимчивость, сверхчувствительность, полевую устойчивость и устойчивость при искусственном заражении.

Результаты фитопатологической оценки

Установлено, что в условиях естественного распространения инфекции 111 (63%) из 177 протестированных образцов культурных видов были поражены YBK. Растения диких видов картофеля были поражены YBK в меньшей степени (26%). ХВК поражает культурный картофель значительно реже (4%). Установлены случаи смешанной инфекции – поражения образцов культурных видов картофеля обоими вирусами. Образцы с полевой устойчивостью к YBK и ХВК в дальнейшем изучали с применением методов искусственного заражения.

Установлено, что при искусственном заражении растений методом механической инокуляции из 74 протестированных образцов 42 – оказались устойчивы к ХВК. Устойчивыми при искусственном заражении ХВК были все изученные образцы культурных видов *S. curtilobum, S. juzepczukii* и значительная часть образцов видов *S. tuberosum* subsp. *andigena* (50%), *S. stenotomum* (60%), *S. chaucha* (86%). Наименее устойчивыми к ХВК при искусственном заражении были образцы видов *S. goniocalyx* и *S. tuberosum* (18–27%). Среди изученных образцов диких видов картофеля выявлены устойчивые к ХВК генотипы у 6-ти видов: *S. acaule, S. canasense, S. hondelmanii, S. oplocense, S. spegazzinii, S. vidaurrei.*

Проведено искусственное заражение YBK 68 генотипов 10 образцов видов *S. stoloniferum* и *S. pinatisectum*. У всех пяти протестированных образцов *S. stoloniferum* выявлены генотипы со сверхчувствительным и крайним типом устойчивости, у образцов 4459 и 21955, вида *S. pinatisectum* выявлены генотипы с крайней устойчивостью к YBK.

Результаты молекулярного скрининга

Маркер RYSC3. Согласно литературным данным, при амплификации с праймерами RYSC3 у устойчивых к вирусу Y сортов картофеля образуется маркерный ПЦР-продукт размером 320 п.о. [7]. В настоящем исследовании маркерный компонент 320 п.о. был детектирован у устойчивых сортов Эффект и Брянский деликатес, и отсутствовал у проанализированных аборигенных чилийских сортов.

По литературным данным, фрагмент RYSC3-320 является маркером гена Ry_{adg}, локализованного в XI хромосоме и интрогрессированного в селекционные сорта от культурного вида *S. tuberosum* subsp. *andigena* [6, 7]. Также известно, что в непосредственной близости от гена Ry_{adg} локализован ген устойчивости к вирусу Y – $Ry_{sto.}$, идентифицированный у дикого мексиканского вида *S. Stoloniferum* [http://www.gabipd.org/database/maps.shtml].

Среди изученных нами форм *S. tuberosum* subsp. *andigena* маркерный фрагмент RYSC3-320 встречался крайне редко (выявлен лишь у 2,01% изученных образцов), однако данный маркер оказался широко представлен у *S. stoloniferum*, а также у других мексиканских видов – *S. demissum*, *S. tarnii.* Все образцы, у которых был идентифицирован маркерный фрагмент RYSC3–320, обладали полевой устойчивостью к вирусу Y.

Полученные нами данные указывают на возможность использования маркера RYSC3 для детекции генов, контролирующих устойчивость к вирусу Y, интрогрессированных как от *S. stoloniferum*, так и от *S. tuberosum* subsp. *andigena*. Следует также отметить, что в последнее время появились данные о том, что картированные в XI хромосоме гены Ry_{sto} и Ry_{adg} на самом деле являются одним и тем же геном [9].

Маркер GP122-EcoRV$_{406}$ по литературным источникам [9] тесно сцеплен с геном $Ry\text{-}f_{sto}$ XII хромосомы, контролирующим устойчивость к вирусу Y картофеля. Данный маркер был обнаружен нами у селекционных сортов Брянский красный, Сокольский и Юбилей Жукова, а также у 6-ти андийских аборигенных сортов; у проанализированных чилийских сортов

данный маркер не выявлен. Среди проанализированных образцов *S. stoloniferum* фрагмент GP122-EcoRV$_{406}$ встречался достаточно часто (три образца из 8 изученных). Кроме того, данный фрагмент присутствовал у ряда образцов других диких видов. Все образцы диких видов, у которых был детектирован фрагмент GP122-EcoRV$_{406}$, оказались устойчивы к вирусу Y картофеля.

Однако для ряда генотипов, выявленных среди образцов культурных видов [*S. chaucha* (14 образцов) и *S. stenotomum* (7 образцов)], однозначной связи между наличием у них маркера GP122-EcoRV$_{406}$ и устойчивостью к вирусу Y картофеля выявлено не было.

Маркер CP60/DdeI$_{350}$ тесно сцеплен с геном *Rx1* XII хромосомы [2] и используется для скрининга сортов картофеля устойчивых к вирусу X [5]. Данный маркер был обнаружен нами у селекционных сортов Незабудка и Алиса. Среди изученных нами видообразцов фрагмент CP60/DdeI$_{350}$ встречался как у устойчивых, так и у чувствительных к вирусу X форм.

Начаты работы по разработке внутригенных маркеров, которые позволят детектировать доминантные и рецессивные аллели гена *Rx1*.

Заключение

Настоящая работа была направлена на увеличение генетического разнообразия селекционного материала на основе отбора новых источников и доноров с разными генами, контролирующими устойчивость к вирусам Y и X картофеля, а также с их комбинациями в устойчивых генотипах.

Полученные нами данные показали, что часть маркеров, разработанных ранее для селекционных сортов картофеля, оказалась недостаточно эффективна при скрининге широкого видового разнообразия. Однозначной связи между наличием/отсутствием маркерных компонентов изученных генов и устойчивостью/восприимчивостью к вирусам Y и X у образцов культурных и ряда диких видов картофеля выявлено не было. Для поиска потенциально устойчивых форм среди образцов коллекции целесообразно использовать максимально возможное количество маркеров. Такой подход позволит также отобрать генотипы с групповой устойчивостью.

По результатам молекулярного скрининга среди изученных образцов картофеля выявлены генотипы, обладающие маркерами к разным генам, контролирующим устойчивость к вирусу Y (например, у образцов *S. stoloniferum* к-3360 и к-3533), а также генотипы с маркерами *R* генов устойчивости к разным вирусам – Y и X (*S. Megistacrolobum,* к-12550).

Объединение в одном генотипе нескольких *R* генов обуславливает устойчивость таких форм к различным штаммам вирусов. Данные генотипы перспективны в селекции новых сортов картофеля устойчивых к разным вирусам. Выделенные в настоящей работе устойчивые к вирусным инфекциям генотипы, несущие маркеры генов устойчивости, будут вовлекаться в программы по интрогрессивной гибридизации, направленные на создание нового исходного материала для селекции сортов с групповой устойчивостью к различным патогенам.

Работа выполнена при поддержке РФФИ, грант № 08-04-13747 офи-ц.

Литература

1. *Гавриленко Т. А., Рогозина Е. В., Антонова О. Ю.* Создание устойчивых к вирусам растений картофеля генотипов на основе традиционных подходов и методов биотехнологии // Идентифицированный генофонд растений и селекция. 2005. СПб., С. 644–662.
2. *Bendahmane A., Kanyuka K., Baulcombe D. C.* High resolution genetical and physical mapping of the *Rx* gene for extreme resistance to potato virus X in tetraploid potato // Theor. and Appl. Gen. 1997. V. 95. P. 153–162.
3. *Brigneti G, Garcia-Mas J., Baulcombe D. C.* Molecular maping of the potato virus Y resistance gene Ry_{sto} in potato // Theor. and Appl. Gen. 1997. V. 94. P. 198–203.
4. *Flis B., Hennig J., Strzelczyk-Zyta1 D., Gebhardt C., Marczewski W.* The $Ry\text{-}_{fsto}$ gene from *Solanum stoloniferum* for extreme resistant to Potato virus Y maps to potato chromosome XII and is diagnosed by

PCR marker $GP122_{718}$ in PVY resistant potato cultivars // Molecular Breeding. 2005. V. 15. P. 95–101.
5. *Gebhardt C., Bellin A. D., Henselewski A. H., Lehmann W, Schwarzfischer A. J., Valkonen J. P. T.* Marker-assisted combination of major genes for pathogen resistance in potato // Theor. and Appl. Gen. 2006. V. 112. P. 1458–1464.
6. *Hämäläinen J. H., Watanabe K. N, Valkonen J. P. T., Arihira A., Plaisted R. L., Pehu E., Miller L., Slack S. A.* Mapping and markerassisted selection for a gene for extreme resistance to potato virus Y // Theor. and Appl. Gen. 1997. V. 94. P. 192–197.
7. *Kasai K., Morikawa Y., Sorri V A., Valkonen J. P. T., Gebhardt C., Watanabe K. N.* Development of SCAR markers to the PVY resistance gene Ry_{adg} based on a common feature of plant disease resistance genes // Genome. 2000. V. 43. P. 1–8.
8. *Song Y. S., Hepting L., Schweizer G., Hartl L., Wenzel G., Schwarzfischer A.* Mapping of extreme resistance to PVY (Ry_{sto}) on chromosome XII using anther-culture derived primary dihaploid potato lines // Theor. and Appl. Gen. 2005. V.111. P. 879–887.
9. *Valkonen J. P. T., Wiegmann K., Hämäläinen J. H., Marczewski W, Watanabe K. N.* Evidence for utility of the same PCR-based markers for selection of extreme resistance to Potato virus Y controlled by Ry_{sto} of *Solanum stoloniferum* derived from different sources // Annals of Applied Biology. 2008. V. 152. P. 121–130.

ХАРАКТЕРИСТИКА ЛИНИЙ ГЕНЕТИЧЕСКОЙ КОЛЛЕКЦИИ ДОКТОРА БИОЛОГИЧЕСКИХ НАУК Е. Д. БОГДАНОВОЙ И СОЗДАННЫХ НА ЕЕ ОСНОВЕ РАЙОНИРОВАННЫХ И ПЕРСПЕКТИВНЫХ СОРТОВ МЯГКОЙ ПШЕНИЦЫ (*TRITICUM AESTIVUM* L.)

Е. Д. Богданова, К. Х. Махмудова
Институт биологии и биотехнологии растений НЦБ РК, Алматы, Казахстан, e-mail: carinamakh@mail.ru

Резюме

В предлагаемой вашему вниманию статье приведена характеристика линий генетической коллекции, несущих адаптивные морфологические признаки, а также представлены районированные и переданные на Государственное испытание сорта яровой мягкой пшеницы, характеризующиеся повышенной засухоустойчивостью.

DESCRIPTION OF LINES FROM Dr. E.D. BOGDANOVA's GENETIC COLLECTION AND PERSPECTIVE CULTIVARS OF COMMON WHEAT CREATED ON ITS BASE

E. D. Bogdanova, K. Kh. Makhmudova
Institute of plant biology and biotechnology NCB RK, Almaty, Kazakhstan, e-mail:carinamakh@mail.ru

Abstract

In this article proposed to your attention the description of genetic collection lines carrying adaptive morphological traits is brought, and also information about spring common wheat cultivars possessing heightened dry resistant and given for the State Trial are presented.

Основная часть

Пшеница – основная продовольственная культура Казахстана. Территория Республики включает различные почвенно-климатические зоны, значительная их часть приходится на районы неустойчивого земледелия, для которых характерны недостаток осадков, низкие зимние и высокие летние температуры. В этих условиях существенное увеличение и стабильность валовых сборов зерна связаны с созданием сортов разной степени требовательности к плодородию почвы, генетически и биологически разнородных, с

широкими адаптивными свойствами для каждой климатической зоны.

Для повышения засухоустойчивости сортов пшеницы использовалась генетическая коллекция д-ра Е. Д. Богдановой, созданная на основе линии Генотроф-1. Она получена в результате эпигенетической изменчивости, которая индуцирована природной никотиновой кислотой у сорта Казахстанская-126 [2].

Линии коллекции несут определенные адаптивные морфологические признаки. К их числу относятся:

1) жесткое опушение листьев, повышающее устойчивость к засухе и листогрызущим вредителям;

2) восковой налет (от интенсивного до его отсутствия) на листьях, листовых влагалищах, стебле и колосе. Восковой налет обусловливает высокую светоотражательную способность;

3) способность к изменению формы листьев, благодаря которой регулируется площадь листовой поверхности, подвергающейся интенсивной инсоляции. Донор признака – линия Грекум-476, озимая пшеница. Происхождение: (Генотроф-1 ×Гейнес) ×Гейнес. Грекум-476 является носителем генов *RL1* и *RL2*, контролирующих способность растения свертывать листья при повышении температуры, принимая игловидную форму, что способствует сохранению влаги внутри листа. Этот адаптивный признак характерен для растений пустынь. У линии Грекум-476 в течение вегетационного периода отмечена лучшая оводненность тканей по сравнению с линиями, не обладающими этим признаком;

4) изменение ориентации листьев в пространстве, способность после фазы цветения опускать флаговый лист и прижимать его к стеблю, тем самым уменьшается поверхность листа, подвергающаяся воздействию солнечной радиации, и увеличивается продолжительность функционирования листьев нижних ярусов [3, 6, 7];

5) высокая продуктивная кустистость. Данный признак необходим при внедрении в практику возделывания сельскохозяйственных культур гребневой почвозащитной технологии, способствующей сохранению почвенной влаги, экономному расходованию поливной воды, защите почвы от эрозии. При гребневом методе возделывания пшеницы снижается норма высева семян с 220 – 250 до 100 – 120 кг/га. Для получения высокого урожая при такой норме высева необходимы сорта с интенсивной продуктивной кустистостью и синхронным колошением. В качестве доноров признака предлагаются озимые карликовые линии мягкой пшеницы с высокой продуктивной кустистостью, полученные в результате скрещивания генотрофов, индуцированных пиридинкарбоновыми кислотами, с районированными сортами и образцами из мировой коллекции ВИР.

Необходимо отметить, что при обычной технологии возделывания интенсивное кущение растений пшеницы не было востребовано. И к настоящему моменту возникла необходимость начать селекционно-генетические и семеноводческие исследования по созданию сортов, характеризующихся высокой продуктивной кустистостью, адаптированных к условиям гребневой технологии;

6) длиннозерность, увеличение линейных размеров зерна, повышение его емкости, изменение потенциальной возможности запасающих органов. Донор признака – линия Грекум-476. Длиннозерность имеет высокую экологическую стабильность по сравнению с массой (выполненностью) и может использоваться в селекции на повышение продуктивности [1, 4, 5]. Полученные нами длиннозерные линии легко обмолачиваются, зерно не дробится при обмолоте.

Четкая фенотипическая выраженность, малое число генов, контролирующих различия по перечисленным выше признакам, и доминантный характер проявления признаков облегчают их использование в селекции.

Выявление сортов, наиболее перспективных для определенной зоны, требует проведения экологического и конкурсного испытаний в разных климатических условиях. Исследования, направленные на решение этой проблемы, проводятся в сотрудничестве с селекционерами научных учреждений Республики Казахстан.

Перспективные сорта передаются в Государственное испытание в соавторстве с

определенным селекционером или соисполнителем. В результате комплексной работы за последние 10 лет нами созданы и переданы в Государственное испытание 6 сортов яровой мягкой пшеницы, превосходящих по засухоустойчивости районированные.

Ниже представлена характеристика районированных и переданных на Государственное испытание сортов.

Сорт яровой мягкой пшеницы Мирас.

Авторы сорта: Е. Д. Богданова, К. К. Шулембаева, Р. А. Уразалиев, Т. А. Сарсенбаев, А. Т. Сарбаев.

Оригинаторы: ДГП «Институт биологии и биотехнологии растений» (ИББР); Казахский национальный университет им. аль-Фараби; ТОО «Научно-производственный центр земледелия и растениеводства» (НПЦЗиР).

Сорт районирован и допущен к использованию с 2001 г. в Жамбылской области, рекомендован для возделывания на обеспеченной богаре. Сорт создан в Институте биологии и биотехнологии растений методом индивидуального отбора из гибридной популяции [$ВС_2$ (Грекум-476 ×Казахстанская-4) × $ВС_2$ (Грекум-476 × Саратовская-29)].

Морфологическое описание. Разновидность – эритроспермум. Колос слабо-веретеновидный, форма колосковой чешуи овальная, нервация четко выражена, килевой зубец короткий, острый. Плечо скошенное, киль сильно выражен. Ости длинные, полурасходящиеся, средней грубости. Зерно среднее, красное, стекловидное, удлиненное, бороздка неглубокая. В период кущения форма куста прямостоячая, опушение листьев и восковой налет слабые, окраска зеленая. Стебель прочный, полый.

Хозяйственно-биологическая характеристика. По вегетационному периоду Мирас относится к среднеранним сортам, период от всходов до хозяйственной спелости составляет 80 – 84 дня. Сорт засухоустойчивый. С целью повышения засухоустойчивости в него введены гены *RL1* и *RL2*, контролирующие признак «свертывание листовых пластинок». Признак проявляется в ответ на повышение температуры воздуха и способствует более экономичному расходу влаги растением в условиях засухи. Сорт интенсивного типа, в условиях обеспеченной богары потенциальная урожайность составляет 39,8 ц/га. Отличается хорошей полевой устойчивостью к болезням. Содержание белка в зерне – 14,6%, клейковины – 30,5%.

Агротехника возделывания не отличается от агротехники, рекомендованной для яровой мягкой пшеницы в конкретной зоне.

Сорт яровой мягкой пшеницы Алеем.

Авторы сорта: Е. Д. Богданова, Ф. А. Полимбетова, Р. А. Уразалиев, Ж. О. Оспанбаев, С. Г. Абугалиев, И. А. Нурпеисов, А. И. Абугалиева.

Оригинаторы: ДГП «Институт биологии и биотехнологии растений» (ИББР); ТОО «Научно-производственный центр земледелия и растениеводства» (НПЦЗиР).

Сорт районирован и допущен к использованию с 2005 г. в Алматынской области, рекомендован для возделывания в условиях богары и полива. Алем хорошо зимует и может использоваться как «двуручка» на Юге и Юго-востоке Казахстана. Сорт создан в Институте биологии и биотехнологии растений методом индивидуального отбора из гибридной популяции $ВС_3$ [(Омская-9 × рекум-476) × Омская-9].

Морфологическое описание. Разновидность – лютесценс. Колос пирамидальный, колосковая чешуя ланцетовидная, нервация ярко выражена, зубец колосковой чешуи короткий, клювовидный, плечо прямое, киль сильно выражен. Зерно среднее, яйцевидное, бороздка неглубокая. В период кущения форма куста промежуточная, лист опушен, имеется восковой налет, окраска зеленая. Стебель прочный, полый, устойчивый к полеганию.

Хозяйственно-биологическая характеристика. По вегетационному периоду Алем относится к сортам среднеспелого типа, период от всходов до хозяйственной спелости составляет 80 – 86 дней. Алем – сорт интенсивного типа, с высокой отзывчивостью на увлажнение и удобрения. Потенциальная урожайность – 45,8 ц/га. Сорт засухоустойчив, в условиях засухи превосходит районированные сорта на 2 – 3 ц/га, устойчив к полеганию и осыпанию зерна на корню, характеризуется хорошей полевой устойчивостью к болезням.

Содержание белка – 14%, сырой клейковины – 25,9%.

Агротехника возделывания не отличается от агротехники, рекомендованной для яровой мягкой пшеницы в конкретной зоне.

Сорт яровой мягкой пшеницы Степная-15.

Авторы сорта: Е. Д. Богданова, Ф. А. Полимбетова, К. Х. Махмудова, В. И. Цыганков, И. Г. Цыганков, М. Ю. Цыганкова, Ж. О. Оспанбаев, Т. Ш. Мурзатаева.

Оригинаторы: ДГП «Институт биологии и биотехнологии растений» (ИББР); Актюбинская СХОС; ТОО «НВК Агросемконсалт».

Сорт выведен в Институте биологии и биотехнологии растений методом индивидуального отбора из гибридной популяции F_5 [Грекум-476 × Омская-9]. Экологические и селекционные исследования проводились совместно с Актюбинской СХОС и ТОО «НВК Агросемконсалт».

Морфологическое описание. Разновидность – лютесценс. Колос веретеновидный, рыхлый, колосковая чешуя овальная, нервация слабо выражена, зубец колосковой чешуи короткий, слегка изогнутый, плечо закругленное, среднее, киль слабо выражен. Зерно среднее, полуудлиненное, бороздка неглубокая. В период кущения форма куста прямостоячая, листья опушенные, имеется слабый восковой налет, окраска темно зеленая. Стебель прочный, полый, устойчивый к полеганию.

Хозяйственно-биологическая характеристика. По вегетационному периоду Степная-15 относится к сортам среднеспелого типа, период от всходов до хозяйственной спелости составляет 86 – 90 дней. Сорт засухоустойчив, устойчив к полеганию. Отличается хорошей полевой устойчивостью к болезням. В условиях жесткой засухи в Актюбинской области на 3 – 4 ц/га превосходит сорт-стандарт Саратовская-29. Содержание белка в зерне (до 17%) на 1,2 – 2,4% превосходит стандарт, содержание сырой клейковины (38,9%) на 2,5% выше стандарта.

Агротехника возделывания не отличается от агротехники, рекомендованной для яровой мягкой пшеницы в конкретной зоне.

Сорт Степная-15 рекомендуется для использования в Алматынской, Актюбинской и Западноказахстанской областях.

Сорт яровой мягкой пшеницы Северянка.

Авторы сорта: Е. Д. Богданова, Ф. А. Полимбетова, К. Х. Махмудова, Л. В. Бекенова, Ж. О. Оспанбаев, Т. Ш. Мурзатаева.

Оригинаторы: ДГП «Институт биологии и биотехнологии растений» (ИББР); ДГП «Павлодарский НИИСХ»; ТОО «НВК Агросемконсалт».

Сорт выведен в Институте биологии и биотехнологии растений методом индивидуального отбора из гибридной популяции BC_3F_5 [(Грекум-476 × Омская-9) × Омская-9]. Экологические и селекционные исследования проводились совместно с ДГП «Павлодарский НИИСХ» и ТОО «НВК Агросемконсалт».

Морфологическое описание. Разновидность – лютесценс. Колос цилиндрический, рыхлый, колосковая чешуя овальная, нервация слабо выражена, зубец колосковой чешуи прямой, короткий, плечо скошенное, закругленное, киль сильно выражен. Зерно крупное, полуудлиненное, бороздка неглубокая. В период кущения форма куста прямостоячая, опушение листьев и восковой налет слабые, окраска темно-зеленая. Стебель прочный, полый, устойчивый к полеганию.

Хозяйственно-биологическая характеристика. По вегетационному периоду Северянка относится к сортам среднеспелого типа, вегетационный период от всходов до хозяйственной спелости составляет 86 – 90 дней. Сорт интенсивного типа, с высокой отзывчивостью на увлажнение и удобрения. Урожайность – 36,7 ц/га. Засухоустойчивость хорошая – в условиях засухи превосходит по урожайности стандартные сорта на 2,7 – 3,8 ц/га. В полевых условиях имеет пониженную восприимчивость к болезням. Содержание белка – 13,9%, сырой клейковины – 31,4%.

Агротехника возделывания не отличается от агротехники, рекомендованной для яровой

мягкой пшеницы в конкретной зоне.

Сорт Северянка рекомендуется для возделывания в Алматынской, Павлодарской, Карагандинской и Северо-Казахстанской областях.

Сорт яровой мягкой пшеницы Северянка-2.

Авторы сорта: Е. Д. Богданова, К. Х. Махмудова, Л. В. Бекенова, Ж. О. Оспанбаев, Т. Ш. Мурзатаева.

Оригинаторы: ДГП «Институт биологии и биотехнологии растений» (ИББР); ДГП «Павлодарский НИИСХ»; ТОО «НВК Агросемконсалт».

Сорт выведен в Институте биологии и биотехнологии растений методом индивидуального отбора из гибридной популяции BC_2F_5 [(Омская-9 ×Грекум-476) × (Лютесценс-440Н94 × Омская-9) BC_2]. Экологические и селекционные исследования проводились совместно с ДГП «Павлодарский НИИСХ» и ТОО «НВК Агросемконсалт».

Морфологическое описание. Разновидность – лютесценс. Колос цилиндрический, рыхлый, колосковая чешуя овальная, нервация четко выражена, зубец колосковой чешуи короткий, тупой, плечо прямое, киль сильно выражен. Зерно крупное, удлиненное, бороздка неглубокая. В период кущения форма куста прямостоячая, опушение листьев и восковой налет слабые, окраска зеленая. Стебель полый, устойчивый к полеганию.

Хозяйственно-биологическая характеристика. По вегетационному периоду Северянка относится к сортам среднеспелого типа, вегетационный период от всходов до хозяйственной спелости составляет 83 – 90 дней. Сорт интенсивного типа, с высокой отзывчивостью на увлажнение и удобрения. Засухоустойчивость хорошая – в условиях засухи превосходит по урожайности стандартные сорта на 2,2 – 3,0 ц/га. В полевых условиях имеет пониженную восприимчивость к болезням. Содержание белка – 14,0%, сырой клейковины – 26,8%.

Агротехника возделывания сорта не отличается от агротехники, рекомендованной для яровой мягкой пшеницы в конкретной зоне.

Сорт Северянка-2 рекомендуется для возделывания в Павлодарской, Карагандинской и Северо-Казахстанской областях.

Сорт яровой мягкой пшеницы Отан-1.

Авторы сорта: Е. Д. Богданова, К. Х. Махмудова, Г. А. Середа, С. Г. Середа, Ж. О. Оспанбаев, Т. Ш. Мурзатаева.

Оригинаторы: ДГП «Институт биологии и биотехнологии растений» (ИББР); РГП «Карагандинский НИИРС»; ТОО «НВК Агросемконсалт».

Сорт выведен в Институте биологии и биотехнологии растений методом массового отбора из сорта Лютесценс-4769 ГО 20-4 нашей селекции. Отбор производился по следующим признакам: интенсивному опушению листьев, сильному восковому налету на всех органах и способности максимально свертывать листья, принимая цилиндрическую форму при интенсивной инсоляции. Экологические и селекционные исследования проводились совместно с РГП «Карагандинский НИИРС» и ТОО «НВК Агросемконсалт».

Морфологическое описание. Разновидность – лютесценс. Колос веретеновидный, рыхлый, колосковая чешуя овальная, нервация четко выражена, зубец колосковой чешуи прямой, плечо закругленное, киль сильно выражен. Зерно среднее, удлиненное, бороздка неглубокая. В период кущения форма куста прямостоячая, лист опушенный, имеется сильный восковой налет, окраска сизо-зеленая. Стебель прочный, полый, устойчивый к полеганию.

Хозяйственно-биологическая характеристика. По вегетационному периоду Отан-1 относится к сортам среднеспелого типа, вегетационный период от всходов до хозяйственной спелости составляет 88 – 90 дней. Сорт интенсивного типа, с высокой отзывчивостью на увлажнение и удобрения. Средняя урожайность – 39 ц/га. Засухоустойчивость высокая – в условиях засухи превосходит по урожайности стандартный сорт Карагандинская-70 на 2,6 – 4,6 ц/га. Отличается хорошей устойчивостью к болезням в полевых условиях. Содержание белка – 14,5%, сырой клейковины – 33,2%.

Агротехника возделывания не отличается от агротехники, рекомендованной для яровой

мягкой пшеницы в конкретной зоне.

Сорт Отан-1 рекомендуется для возделывания в Карагандинской, Павлодарской и Северо-Казахстанской областях.

В 2008 г. три сорта яровой мягкой пшеницы Алем, Северянка и Степная-15 проходили производственное испытание на полях ТОО «Ак-Ниет Акжар» в Северо-Казахстанской области. Стандартами служили сорта: Астана и Омская-28. В условиях жесткой засухи сорта нашей селекции превосходили сорта-стандарты. Урожай сорта Северянка составил 12,5 ц/га, сорта-стандарта Омская-28 – 10,2 ц/га, сорта-стандарта Астана – 8,7 ц/га. Превышение над стандартом Омская-28 составило 2,3 ц/га, над стандартом Астана – 3,8 ц/га. Урожайность сорта Алем составила 11,8 ц/га, что на 1,6 и 3,1 ц/га выше соответствующих сортов-стандартов. Урожайность сорта Степная-15 была на уровне сорта-стандарта Омская-28.

Заключение

Для использования в адаптивной селекции предлагается генетическая коллекция линий мягкой пшеницы, несущих определенные морфологические маркерные признаки. На начальных этапах селекции наибольшую трудность представляет отбор генотипов, ценных по фенотипу. В этом плане поиск и использование морфологических маркерных признаков, контролируемых малым числом генов и легко визуально оцениваемых, имеют большое значение.

С экологической и экономической точек зрения изучение и использование предлагаемых признаков способствует более экономному расходованию воды и, в ряде случаев, освобождает от использования инсектицидов. Каждый маркерный признак вводится в различные разновидности, в результате чего формируется серия линий, несущих определенный маркер. Использование этих линий в селекции сужает спектр расщепления и ускоряет процесс введения определенных генов в коммерческие и создаваемые сорта.

Стратегическим планом развития сельского хозяйства Республики намечено увеличение посевных площадей сельскохозяйственных культур. Предполагается, что 60% от общей посевной площади будут занимать сорта отечественной селекции. Предусматривается ежегодный прирост сельскохозяйственного производства за счет использования результатов науки и внедрения научных разработок в производство.

Для получения высоких и гарантированных урожаев пшеницы – основной продовольственной культуры Казахстана – нужны сорта, сочетающие в себе хозяйственноценные признаки с высокой адаптивностью к экстремальным условиям среды.

Проводимые нами исследования направлены на создание новых отечественных сортов с повышенной засухоустойчивостью. Актуальность этого научного направления не вызывает сомнения и в связи с глобальным изменением климата на планете.

Литература

1. Афанасьев П. Д. Наследование формы и крупности зерна // Сб. науч. тр. по прикл. бот., ген. и сел. М., 1985. Т. 98. С. 72 – 75.
2. Богданова Е. Д. Эпигенетическая изменчивость, индуцированная никотиновой кислотой у Triticum aestivum L. // Генетика. М., 2003. Т. 39, № 9. С. 1221 – 1227.
3. Дьяков А. В. Принципы оптимизации архитектоники посева в условиях дефицита влаги и азота // Аграрная Россия. М., 2002. № 1. С. 16 – 18.
4. Коваль С. Ф., Коваль В. С., Шаманин В. П. Изогенные линии пшеницы // Омск: Омскбланкиздат, 2001. 152 с.
5. Коробейников Н. И. Изменчивость и характер наследования линейных размеров и массы зерновки у сортов и гибридов мягкой пшеницы // Науч.-техн. биол. СО ВАСХНИЛ. Новосибирск, 1985. Вып. 45. С. 19 – 24.
6. Bogdanova E. D., Makhmudova K. Kh., Aitasheva Z. A., Rysbekova A. Genetic collection of common wheat lines carrying definite adaptive morphological traits // The 14th Meeting of the EWAC. EWAC: Istanbul, 2007. P. 103 – 107.
7. Jordan D. J., Smith W. K. Simulated Influence of Leaf Geometry on Sunlight Interception and Photosynthesis in Conifer Needles // Tree physiology. 1993. № 13. P. 29 – 39.

РАЗРАБОТКА МЕТОДОВ КРИОСОХРАНЕНИЯ ГЕНЕТИЧЕСКИХ РЕСУРСОВ РАСТЕНИЙ ПЛОДОВЫХ И ЯГОДНЫХ КУЛЬТУР

В. Г. Вержук, Г. И. Филипенко, Н. Г. Тихонова, А. С. Жестков, Ю. В. Лупышева, Н. А. Пупкова, Е. В. Михайлова, Н. И. Савельев, Д. С. Дорохов

Государственный научный центр РФ Всероссийский научно-исследовательский институт растениеводства им. Н. И. Вавилова РАСХН, Санкт-Петербург, Россия, e-mail: vverzhuk@mail.ru

Государственный научный центр РФ Всероссийский институт генетики и селекции плодовых растений им. И. В. Мичурина РАСХН, Мичуринск, Россия, e-mail: cglm@rambler.ru

Резюме

Для разработки методов криосохранения коллекций плодовых и ягодных культур исследовали влияние сверхнизкой температуры на жизнеспособность побегов, почек и пыльцы при хранении в парах жидкого азота (-183 - 185° С). Оценивали жизнеспособность побегов и почек, отобранных в период глубокого покоя. Определяли фертильность пыльцы, сохраняемой в азоте, и сравнивали ее с фертильностью свежесобранной контрольной пыльцы при различных комбинациях скрещивания.

DEVELOPING TECHNIQUES FOR CRYOPRESERVATION OF FRUIT AND BERRY GENETIC RESOURCES

V. G. Verzhuk, G. I. Filipenko, N. G. Tikhonova, A. S. Zhestkov, J. V. Lupysheva, N. A. Pupkova, E. V. Mikhailova, N. I. Savelyev, D. S. Dorokhov

Staite Scientific Centre N. I. Vavilov All-Russian Research Institute of Plant Industry of RAAS, St.Peterburg, Russia, e-mail: vverzhuk@mail.ru

V. Michurin All – Russian Research Institute for Genetic and Breeding of Fruit Plants, Michurinsk, Russia, e-mail: cglm@rambler.ru

Abstract

For the purpose of developing techniques for cryopreservation of fruit and berry collections it has been investigated how ultra low temperatures (minus 183-185°C) of liquid nitrogen vapors influence on the viability of grafts, buds and pollen during the preservation. The viability of grafts and buds in the deep dormancy has been studied. The fertility of pollen preserved in liquid nitrogen has also been estimated and compared it with that of freshly collected pollen in different cross combinations.

Необходимость сохранения генофонда культурных и дикорастущих видов растений в настоящее время ни у кого не вызывает сомнения. Однако посадка и поддержание дублетных коллекционных насаждений является дорогостоящим мероприятием и не всегда может обеспечить сохранность уникальных генотипов в условиях воздействия неблагоприятных экологических, климатических, различных техногенных и антропогенных факторов [3]. Кроме того, сохранение генофонда плодовых культур усложняется их высокой гетерозиготностью, что ставит под вопрос возможность размножения семенами [2].

Альтернативным способом сохранения вегетативно размножаемых культур, является возможность их криоконсервации в виде различных растительных объектов (черенков, почек, пыльцы) при сверхнизких температурах [1, 6, 7].

Следует отметить, что для многих плодовых и ягодных культур приемы криосохранения еще не отработаны; для каждой культуры, а возможно и сорта, необходим свой индивидуальный подход при закладке на хранение. Большинство опубликованных работ по этой проблеме носят противоречивый характер, по ряду плодовых культур исследований еще не проводилось.

Цель данной работы состояла в совершенствовании методик криоконсервации крыжовника, жимолости синей и яблони. Сохраняемые в парах жидкого азота (- 183 - 185°С) образцы этих культур станут частью системы надежного хранения мировой коллекции плодовых растений.

Материал и методы исследований

Материалом исследования служили образцы *Grossularia reclinata* (L.) Mill. (крыжовника отклоненного) сортов Черный Негус, Олави, Челябинский слабошиповатый, Куйбышевский черноплодный, Черныш, а также образцы видов *Grossularia nivea* (Lindl.) Spash. (крыжовник снежный) и *Grossularia reclinata* (L.) Mill из коллекционного сада Павловской опытной станции ВИР. Черенки крыжовника на хранение нарезали в ноябре-декабре, когда растения находились в состоянии глубокого покоя, при отрицательных (-5 -8°С) температурах. Для консервации брали отрезки черенков длиной 6-8 см с 2-3 почками, а также отделенные от черенков почки с тонким слоем коры и древесины. После нарезки черенки и почки выдерживали в холодильнике «HUURRE» при - 5°С, подсушивая их до влажности 28-35%. Черенки замораживали методом программного замораживания. Отделенные почки сначала обрабатывали криопротекторами – PVS-2 (глицерин 30% , DMSO15% , 15%этиленгликоль , 0,4М сахароза), PVS-3 (глицерин 50%, сахароза 50%), PVS-4 (глицерин 35%, этиленгликоль 25%, 0,6М сахароза), выдерживали 1 час при 20°С и затем замораживали в криопробирках фирмы «Nunc» методом витрификации в азотной шуге. Для каждого варианта опытов брали 4 повторности по 10 черенков или почек. После 6-8 месяцев хранения черенки и почки размораживали в водяной бане при 37°С. Затем черенки помещали в стаканчики с водой и ставили в световую комнату на проращивание, определяя, таким образом, их жизнеспособность. Размороженные почки промывали от криопротекторов в растворе 0,4М сахарозы и дистиллированной водой, затем их проращивали в среде MS с добавлением 0,5 мг/л БАП в световой комнате с фотопериодом 16 часов свет/ 8 часов темнота при 21°С. Проросшими считали почки, давшие не менее трех листочков.

В изучение были также взяты образцы *Lonicera caeruleae* Rehd. (жимолости синей) сортов Камчадалка, Старт и Томичка, отбор которых проводили в опытном саду учебного хозяйства СПб ГАУ (г. Пушкин). Черенки нарезали в ноябре-декабре при температуре -5-8°С. Отделенные от черенков почки с тонким слоем коры помещали в криопробирки «Nunc» и без предварительного подсушивания заливали криопротектором (PVS-2, PVS-3, PVS-4). В разных вариантах опытов брали 1-2 повторности по 10 почек. Образцы замораживали методом витрификации в азотной шуге со скоростью примерно 1000°С/мин. и непосредственным погружением в жидкий азот. После размораживания на водяной бане при 37°С почки стерилизовали 50% раствором «Белизны», промывали бидистиллированной водой и высаживали на питательную среду MS без гормонов. Через два дня проросшие почки переносили на среду MS, содержащую БАП (0,5 мг/л) и ИМК (0,2 мг/л).

Сбор пыльцы различных сортов *Malus* Mill. (яблони) проводили в Институте генетики и селекции плодовых растений (г. Мичуринск) согласно методическим указаниям ВИР [4]. Объектом исследования служили образцы яблони сортов Болотовское, Скала, Уральский сувенир и форм 25-2, 11-6-2. Подсушенную пыльцу замораживали до сверхнизких температур путем прямого погружения пробирок с пыльцой в пары жидкого азота [5] и хранили таким образом в течение года. Жизнеспособность пыльцы определяли до и после криоконсервации методом проращивания на искусственной среде (15% раствор сахарозы на 0,5% растворе агар-агара в течение суток). Фертильность сохраняемой пыльцы определяли по традиционной методике [8]. Размораживали пыльцу при комнатной температуре в течение 20 мин. Для гибридизации использовали сорта яблони Жигулевское и Пепин шафранный. В качестве контроля была взята свежесобранная пыльца исследуемых образцов.

Результаты и обсуждение

Изучение различных способов криоконсервации черенков и почек крыжовника подтвердило принципиальную возможность использования сверхнизких температур для сохранения генетических ресурсов растений: после хранения в парах жидкого азота были получены жизнеспособные черенки и почки этой культуры. Однако процент выживших после криоконсервации растительных объектов был не очень велик, что свидетельствует о необходимости продолжения исследований. В таблицах 1 и 2 приведены данные анализа

жизнеспособности черенков и почек, полученные после 8 месяцев их хранения в криотанках в парах жидкого азота.

Таблица 1. Жизнеспособность черенков крыжовника, замороженных методом программного замораживания, и сроки появления листьев после хранения в парах жидкого азота

№ п/п	Сорт	Жизнеспособность черенков после размораживания, %	Сроки появления листьев после размораживания, дн.
1	Черный Негус	32,5±0.3	10
2	Олави	40.0±1,8	9
3	Челябинский слабошиповатый	40,0±1,8	11
4	Куйбышевский черноплодный	30,0±1,8	11
5	Черныш	50,0±1,8	8
6	*Grossularia nivea* (Lindl.) Spach	32,5±0.3	10
7	*Grossularia reclinata* (L.)Mill.	42,5±0,5	8

Из данных таблицы 1 видно, что в зависимости от сорта после размораживания жизнеспособными были от 32,5 до 50,0% черенков. Во взятом наборе сортов наиболее жизнеспособным оказался образец сорта Черныш: 50% черенков оказались жизнеспособны после криоконсервации и проросли в течение 8 дней. Образцы вида *G. reclinata* и сорта Олави имели соответственно 42,5 и 40,0% жизнеспособных черенков, проросших за 8-9 дней. После высадки в поле образец сорта Черныш прижился и дал хороший прирост в течение лета.

Таблица 2. Жизнеспособность почек крыжовника после криоконсервации методом витрификации с использованием различных криопротекторов

№ п/п	Сорт	Жизнеспособность почек, обработанных перед криоконсервацией криопротекторами, %		
		PVS-2	PVS-3	PVS-4
1	Черный Негус	30,0±1,8	22,0±6,0	30,0±1,8
2	Олави	50,0±1,8	40,0±1,8	45,0±0.9
3	Челябинский слабошиповатый	40,0±1,8	30,0±1,8	40,0±1,8
4	Куйбышевский черноплодный	32,5±0,6	22,5±0,6	30,0±0,6
5	Черныш	58,0±3,6	40,0±1,8	50,0±1,8
6	*Grossularia nivea* (Lindl.) Spach.	34,0±1,3	30,0±1,8	34,0±1,1
7	*Grossularia reclinata* (L.)Mill.	50,0±1,8	42,5±0,6	45,0±0,9

Как видно из таблицы 2, обработанные криопротекторами PVS-2, PVS-3 и PVS-4 образцы почек крыжовника после криоконсервации имели различную жизнеспособность. Довольно высокий процент выживаемости для всех образцов получен при обработке почек криопротектором PVS-2: от 30,0 до 58,0%. Обработка криопротектором PVS 4 для ряда образцов: Черный Негус, Челябинский слабошиповатый, *Grossularia nivea* (Lindl.) Spach., дала сходные с обработкой PVS-2 результаты по выживаемости почек. Обработка криопротектором PVS-3 привела к самым низким результатам: только от 22,0 до 42,5% почек выжило после криоконсервации.

В целом результаты опытов свидетельствуют о том, что образцы крыжовника несколько лучше хранятся в виде почек, замороженных до сверхнизких температур методом витрификации с использованием криопротекторов PVS-2 или PVS-4, чем в виде черенков, подвергшихся программному замораживанию.

Результаты изучения влияния режимов криоконсервации и разных криопротекторов на выживаемость почек жимолости синей приведены в таблице 3. Результаты предварительные, поэтому приводятся без статистической обработки.

Для сорта Камчадалка некоторым преимуществом обладала витрификация с использованием PVS-2: на 4-й день выжило 80,0% почек, а на 16-й - 50,0%. Сочетание прямого погружения и использования PVS-2 дало несколько худшие результаты: 58,0 % выживших почек на 4-й день и 16,6% на 16-й.

Таблица 3. Выживаемость почек жимолости синей сортов Камчадалка, Старт, Томичка, при замораживании с применением различных режимов после обработки криопротекторами PVS-2 и PVS-3

№ варианта опыта	Исходная влажность, %	Криопротектор	Способ замораживания	Количество выживших почек на определенный день, %	
				4	16
Камчадалка					
Контроль				66,6	61,1
1	46,94	PVS-2	Витрификация	80,0	50,0
2	46,94	PVS-3	Витрификация	60,0	0
3	46,94	PVS-2	Прямое погружение	58,0	16,6
Старт					
Контроль				55,5	22,2
1	46,16	PVS-2	Витрификация	9,1	9,1
2	46,16	PVS-3	Витрификация	44,4	0
3	46,16	PVS-2	Прямое погружение	62,5	50,0
Томичка					
Контроль				78,5	35,7
1	46,8	PVS-2	Витрификация	66,6	16,6
2	46,8	PVS-3	Витрификация	60,0	0
3	46,8	PVS-2	Прямое погружение	63,6	18,1

Для сорта Старт наиболее благоприятным оказался метод прямого погружения с использованием PVS-2: 62,5% выживших почек на 4-й день и 50,0% на 16-й.

Для сорта Томичка витрификация и прямое погружение в азот, когда в обоих случаях использовался криопротектор PVS-2, дало примерно одинаковые результаты: 63,6 и 66,6% выживших почек на 4-й день, 16,6 и 18,1% выживших почек на 16-й день.

Во всех случаях при использовании криопротектора PVS3 наблюдалась гибель почек на 16-й день. Отрицательным моментом этого опыта является невысокая жизнеспособность контроля, связанная с грибными и бактериальными инфекциями. Опыт нуждается в повторении на более здоровом, лучше обеззараженном материале.

Было проведено изучение фертильности пыльцы яблони, хранившейся в парах жидкого азота. Процент завязывания плодов у сорта яблони Жигулевское при опылении пыльцой из азота, составил в среднем 12,2%, тогда как завязываемость при опылении свежесобранной пыльцой - 15,8%. У сорта Пепин шафранный завязываемость при опылении хранившейся в азоте пыльцой была выше и составляла в среднем по комбинациям 52,3% против контроля 25,3%. Ко времени сбора плодов разница между контролем и опытом в значительной степени снивелировалась у обоих сортов. Не было обнаружено больших различий между контролем и опытом по числу семян, приходящихся на один плод, как в случае использования сорта яблони Жигулевское, так и сорта Пепин шафранный. Процент недоразвитых семян в плодах, полученных опылением пыльцой, хранившейся при сверхнизких температурах, был несколько ниже, чем в контроле. У сорта яблони Жигулевское он составил 19,1% при контроле 25,9%, а у сорта Пепин шафранный 40,0% при контроле 72,1%.

Заключение

В ходе проведенных работ было выявлено, что при хранении крыжовника, жимолости синей и яблони в парах жидкого азота в виде черенков, почек или пыльцы часть образцов

сохраняет жизнеспособность, успешность проведения криоконсервации определяется рядом факторов. Жизнеспособность черенков и почек, фертильность пыльцы после криохранения зависит от сортовых особенностей образцов, способов замораживания (витрификации, программного замораживания, прямого погружения в азот), использования криопротекторов (PVS-2, PVS-3, PVS-4).

Некоторые преимущества из испытанных вариантов криоконсервации вегетативного материала крыжовника показала методика криоконсервации почек, включающая их предварительное подсушивание до 28-35% влажности, обработку криопротекторами PVS-2 или PVS-4, замораживание методом витрификации, размораживание на водяной бане при температуре 37°С.

Проведенные опыты показали, что можно осуществлять криоконсервацию почек жимолости синей без предварительного их подсушивания, с использованием криопротектора PVS-2. Полученные данные не позволяют отдать предпочтение витрификации или прямому погружению в азот, хотя прямое погружение в азот обладает экономическими преимуществами. Необходимо продолжение исследований.

Криоконсервация пыльцы яблони путем ее подсушивания, прямого погружения пробирок с пыльцой в пары азота обеспечивает сохранение не только жизнеспособности, но и фертильности пыльцы на достаточно высоком уровне.

Литература

1. Вепринцев Б. Н, Ротт Н. Н. Консервация генетических ресурсов. Пущино, ОНТИ, Научный центр биологических исследований М.: АН СССР. 1984. С. 40-46.
2. Вержук В. Г., Тихонова Н. Г., Тихонова О. А. Фертильность пыльцы черной смородины (Ribes nigrum L.) при низкизких и сверхнизких режимах хранения // VII Международный симпозиум «Новые и нетрадиционные растения и перспективы их использования». М., 2007. Т II. С. 66-68.
3. Грищенко В. И, Копейка Е. Ф., Петрушко М. П. Проблемы криобиологии и сохранение генетических ресурсов // Цитология. 2004. Т. 46. № 9. С. 784-785.
4. Нестеров Я. С. Изучение коллекции семечковых культур и выявление сортов интенсивного типа // Методические указания. Л.: ВИР.1986. С. 69-75.
5. Сытник К. М., Мануильский В. Д. Криоконсервация и длительное хранение эмбриоидов и пыльцы растений. Пущино, 1983. 31 с.
6. Туманов И. И., Красавцев О. А., Хвалин Н. Н. Повышение морозостойкости березы и черной смородины до -254°С путем закаливания // Докл. Акад. Наук СССР.1959. Т. 127. № 6. С. 1301-1303.
7. Sakai A., Noshiro M. Some factors contributing to the survival of crops seeds cooled to the temperature of liquid nitrogen // Crop genetic resources for today and tomorrow / O.H. Frankel, J.G. Hawkes, eds. London, Cambridqe Univ.Press., 1975. P. 317-326.
8. Программа и методика селекции плодовых, ягодных и орехоплодных культур. Мичуринск, 1980. С. 209-239.

ЭКСПЕДИЦИОННЫЕ СБОРЫ ПРЕДСТАВИТЕЛЕЙ ТРИБЫ ВИКОВЫХ НА ЮЖНОМ УРАЛЕ

М. А. Вишнякова[1], М. О. Бурляева[1], И. В. Сеферова[1], С. И. Неуймин[2], П. В. Куликов[2], П. А. Мартюшов[2]

[1]Государственный научный центр РФ Всероссийский научно-исследовательский институт растениеводства им. Н. И. Вавилова РАСХН, Санкт-Петербург, Россия, e-mail: m.vishnyakova@vir.nw.ru

[2]Ботанический сад Уральского отделения РАН, Екатеринбург, Россия, e-mail: sergneu@mail.ru

Резюме

В статье приведены результаты экспедиционного обследования обширной территории Южного

Урала, являющегося убежищем третичной флоры для ряда эндемичных видов трибы *Vicieae* Bron. сем. *Fabaceae* Lindl. Собраны семена 77 образцов представителей трибы: 7 видов *Lathyrus* L. и 8 видов *Vicia* L., в том числе эндемов Урала – *V nervata* и L. *litvinovii*, включенных в «Красную книгу» Челябинской обл. Дается подробное обоснование целей экспедиции, обсуждаются теоретические интересы и практические задачи участников экспедиции, включающие изучение проблем классификации и филогении одной из наиболее сложных в систематическом отношении и наиболее представленной в коллекции трибы сем. Бобовых. Собранный материал пополнил коллекцию ВИР, а также будет использован для молекулярного генотипирования и паспортизации образцов и пополнения банка ДНК зернобобовых. Получены новые знания о биологии собранных видов.

EXPEDITION COLLECTION OF THE REPRESENTATIVES OF TRIBE *VICIEAE* ON THE SOUTHERN URAL

M. A. Vishnyakova[1], M. O. Burlyaeva[1], I. V. Seferova[1], S. I. Neuimin[2], P. V. Kulikov[2], P. A. Martyushov[2]

[1]State Scientific Centre N. I. Vavilov All-Russian Research Institute of Plant Industry of RAAS, St. Petersburg, Russia, e-mail: m.vishnykova@vir.nw.ru

[2]Botanical garden Ural branch RAS, Yekaterinburg, Russia, e-mail: sergneu@mail.ru

Abstract

The paper is devoted to the expedition observation of the vast area of the Southern Ural. This area is known as a refuge of tertiary Flora for some endemic species of tribe *Vicieae* Bron. family *Fabaceae* Lindl. The seeds of 77 accessions of the representatives of the tribe have been collected: 7 *Lathyrus* L. species and 8 *Vicia* L. ones, including Ural endemics – *V nervata* и *L. litvinovii*, listed in Red Book of Chelyabinsk region. The theoretic and applied background and aims of expeditions are discussed. The collected material is included in the collection of Vavilov Institute and will be used for accessions genotyping for the resolution of systematic and phylogenetic problems of the tribe, as well as for pasportization of the collection and replenishment of DNA bank. New knowledge on the biology of collected species have been received.

Почти вековая история проведения ВИР'ом экспедиций практически не охватывала Южный Урал. Между тем этот флористически богатый регион отличается высоким уровнем видового эндемизма, своеобразием набора видов и родов во флоре, особенностями ее исторического развития. Предпринятая нами экспедиция была посвящена сбору представителей трибы Виковых и имела ряд теоретических и практических предпосылок.

Триба *Vicieae* (Виковые) сем. *Fabaceae* Lindl. объединяет ряд экономически важных родов, представители которых используются как продовольственные, кормовые, сидерационные, технические и декоративные культуры. В коллекции ВИР триба представлена самым большим числом поступлений по сравнению с другими трибами семейства – 19 685 образцами – представителями 115 видов: сортами научной и народной селекции, селекционным материалом и дикими формами.

Триба имеет несколько центров первичного и вторичного происхождения. Центры наибольшего разнообразия виковых – Средиземноморье и Ирано-Туранская флористическая провинция, но вместе с тем виды этой трибы произрастают вдоль всей внетропической зоны северного полушария. При этом в областях суббореальной зоны Северного полушария в убежищах третичной флоры наиболее часто встречаются эндемичные виды, реликты «плейстоценового флористического комплекса» [4–6].

Филогения и систематика трибы очень проблематичны, поскольку с позиций морфобиологических дескриптеров, триба *Vicieae* считается одной из наиболее сложных в семействе. Существует множество мнений о числе реальных родов в трибе и их видовом составе. Морфобиологические описания представителей трибы часто создают впечатление об отсутствии резко выраженных разрывов (гиатусов) между таксонами и о наличии множества переходных форм и заходящих признаков. Особенно это касается родов *Lathyrus* L. и *Vicia* L., в которых имеется целый ряд проблематичных видов, сочетающих в себе признаки обоих родов и затрудняющих их систематическое определение. Некоторые

систематики относят эти виды к отдельному роду *Orobus* L. [8], в силу чего они получили название оробоидных вик и чин. Это ставит перед кураторами коллекций вики и чины, а также перед другими специалистами по генетическим ресурсам растений целый ряд проблем. Поэтому в настоящее время в ВИРе начаты работы по генотипированию представителей трибы, ставящие своей целью идентификацию спорных таксонов (видов, родов), определение их границ и дифференциации (родов, секций) и, в конечном счете, разработку молекулярной филогении трибы. Все это предполагает необходимость анализа полиморфизма генома у максимально возможного разнообразия представителей трибы.

Выполнение этого непростого комплекса работ осложнено еще и тем, что в коллекции отсутствовал целый ряд однолетних и многолетних видов чины из Азии – по преимуществу эндемичных и наиболее примитивных видов трибы Виковых, реликтов плейстоценовой флоры, систематический статус которых является спорным. Отсутствие этих видов отчасти объясняется трудностями репродукции их представителей в условиях традиционного поддержания коллекции на опытных станциях ВИРа. По-видимому, в силу специфической экологической приуроченности этих видов, семена получить практически невозможно. Большинство видов, о которых идет речь, относится к оробоидным викам и чинам. Из-за отсутствия достаточного числа образцов этих видов в коллекции оказалось невозможным решать вопросы их таксономического статуса. На Южном Урале, согласно различным флористическим сводкам [5, 9–11], произрастает 12 видов рода *Lathyrus* и 11 видов рода *Vicia*, из которых 11, по мнению ряда систематиков, относятся к роду *Orobus* L.

Особый интерес, как в теоретическом плане, так и с позиций прикладных исследований, вызывает внутривидовой полиморфизм представленного в коллекции материала. По данным молекулярно-генетических исследований, проведенных в ВИРе, в том числе авторами данной статьи, виды родов *Lathyrus* и *Vicia* обладают различной степенью внутривидового полиморфизма ДНК [1, 2, 7]. Поскольку оробоидные виды в этом исследовании были представлены единичными образцами, степень их полиморфизма невозможно оценить достоверно. Между тем именно у примитивных видов предполагается высокая степень полиморфизма, и для ее оценки необходимо включение в анализ популяционного разнообразия.

Еще одной предпосылкой необходимости сбора материала в данном регионе было то, что в роде Чина имеются очень полиморфные виды с большой пластичностью и изменчивостью признаков, вызывающие трудность как при определении, так и при установлении их таксономического ранга (вид/ подвид/ разновидность), такие как: L. *palustris* L. и L. *pilosus* Cham., L. *litvinovii* Iljin и L. *rotundifolius* Willd. Для установления границ таких видов необходимо изучение большого числа представителей из разных частей ареала. Общеизвестно, что расселение вида по обширной территории приводит к появлению спектра изменчивости его морфологических и биологических признаков. Поэтому исследование меж- и внутрипопуляционной изменчивости признаков у сравнительно близко растущих популяций позволит судить о степени полиморфизма их членов.

Отдельной задачей экспедиции было установление антэкологических особенностей видов – экспресс-анализ их систем семенного размножения, что необходимо для правильного репродуцирования коллекционного материала с целью поддержания всхожести семян.

Таким образом, целями экспедиции являлись**:**

– сбор семян и гербарного материала для пополнения коллекций ВИРа растениями из сем. *Fabaceae*, главным образом однолетними и многолетними представителями трибы *Vicieae;*

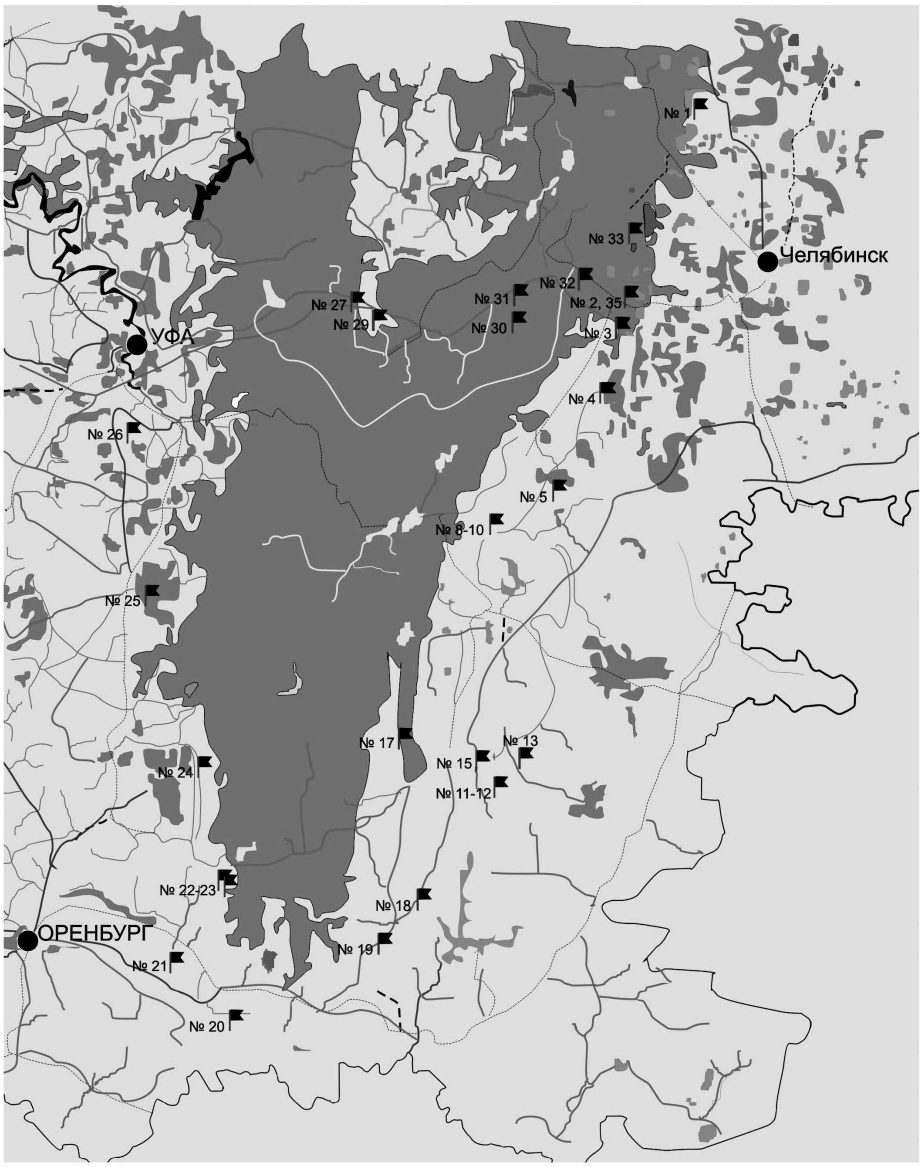
– изучение на указанной территории популяционного разнообразия представителей трибы *Vicieae*;

– определение спектра изменчивости их морфологических признаков в разных местах сбора;

– проведение антэкологических наблюдений над собираемыми видами;

– сбор семян и вегетативных частей растений для последующего выделения ДНК.

Экспедиционное обследование территорий юга Предуралья и Зауралья проводилось с 20 июля по 10 августа в 2008 г. Маршрут протяженностью около 2000 км проходил по Свердловской, Челябинской, Оренбургской областям и Башкирии. Кроме того, был выполнен сбор материала в Ильменском заповеднике и Таганайском национальном парке. Маршрут экспедиции указан на карте (рисунок).



Карта района экспедиционного обследования, осуществляемого на территориях Свердловской, Челябинской, Оренбургской областей и Башкирии.

– места сборов образцов

Территория региона отличается разнообразием природных условий, характеризуется неоднородностью растительного покрова и богатством флоры. На территории Южного Урала представлена растительность лесной, лесостепной и степной природных зон. Степная зона представлена разнотравно-типчаково-ковыльными степями, лесная – дубравно-темнохвойными лесами, травянистыми березовыми и хвойными лесами. Лесостепи Зауралья и Предуралья – это районы островных боров [3].

Исследованиями были охвачены все основные типы растительных сообществ Южного Урала как в широтном, так и высотном градиентах (табл.).

В результате экспедиции обследовано 35 пунктов и собраны семена и гербарий 77 образцов представителей трибы *Vicieae*: 7 видов рода *Lathyrus*: *L. gmelinii* Fritsch, *L. litvinovii* Iljin, *L. pallescens* (Bieb.) C. Koch, *L. pratensis* L., *L. tuberosus* L., *L .vernus* (L.) Bernh., *L.*

pisiformis L. и 8 видов рода *Vicia: V. cracca* L.,*V. tenuifolia* Roth, *V. hirsuta* (L.) S. F. Gray, *V. megalotropis* Ledeb., *V. nervata* Sipl., *V. pisiformis* L., *V. sylvatica* L., *V. sepium* L., ряд из которых отсутствовал в коллекции ВИР (табл.). Два вида из этого списка – эндемы Урала (*V. nervata* и *L. litvinovii*) включены в «Красную книгу» Челябинской обл., один – *L. gmelinii* - плейстоценовый реликт. Наряду с семенами собраны и вегетативные части растений для последующего выделения ДНК и молекулярного генотипирования образцов для решения вопросов систематики и филогении трибы Виковых, пополнения банка ДНК зернобобовых и паспортизации образцов коллекции ВИР.

Список образцов *Lathyrus* L. и *Vicia* L., собранных на Южном Урале

№ п/п	Место сбора	Координаты, высота над уровнем моря	Ценоз	Виды
1	Челябинская обл., дорога г. Каштым – г. Карабаш, поворот на озеро и санаторий Сунгуль	N 55° 56' E 60°46'	Светлый березово-смешанный лес у дороги	*L.vernus., V. sepium, L. pisiformis*
2	Челябинская обл., южная граница г. Миасс	N 55° 01' E 60°08'	Разнотравный луг у железнодорожной насыпи	*V. cracca, V. tenuifolia, V. megalotropis*
3	Челябинская обл., 20 км к югу от г. Миасс, между селами Черновское и Кундравы	N 54° 53' E 60° 05'	Светлый березовый лес	*L. pratensis, V. sepium*
4	Челябинская обл., Каслинский р-н, южнее с. Ларино. Островной бор в степи	N 54° 34' E 59° 58'	Березово-сосновый лес с травяным подлеском	*L. pisiformis, L. vernus*
5	Челябинская обл., между селами Карагайский и Петровловский, 2 км от трассы на г. Магнитогорск. Карагайский бор (островной бор в степи)	N 54° 05' E 59°34'	Сосново-березовый лес с бруснично-травянистым подлеском. Осветленный участок у лесной дороги	*L. vernus, L. pisiformis*
6	То же	N 54°05' E 59 °34' 526 m	Вершина горы, молодой сухой сосняк	*L. pisiformis*
7	Челябинская обл., Карагайский бор, дорога на Агаповку	N 54°05' E 59°37' 491 m	Березово-сосновый лес с травянистым подлеском	*L. pisiformis*
8	Челябинская обл., Магнитогорский район, за с. Вятское. Леоновские горы. Гора Синяя	N 53° 55' E 59°01'	Северный склон горы. Березово-осиновый лес	*L. pisiformis.*
9	То же	То же, 547 m	Разнотравье у подножия горы, остепненный луг	*V. sativa, V. cracca*
10	Челябинская обл., Магнитогорский район. К северу от с. Кизильское, у с. Урал. Гора Чека	N 52° 35' E 59°04'	Осиново-березовый колок, окруженный ковыльной степью на горных склонах	*L. pisiformis, V. tenuifolia, L. pratensis*
11	То же	N 52° 35'	Долина у подножи верхней части горы	*L. tuberosus*
12	Челябинская обл., Магнитогорский район. К северу от с. Кизильское, у с. Урал. Гора Чека	N 52° 35' E 59°04' 384 m	То же Поле с посевом ячменя и овса	*L. tuberosus*
13	Челябинская обл., Кизильский р-н, за с. Обручевка у с. Александровка. Историко-археологический заповедник Аркаим	N 52° 38' E 59°33'	Березовый колок на горе Грачиной	*L. pratensis, L. pisiformis*

№ п/п	Место сбора	Координаты, высота над уровнем моря	Ценоз	Виды
14	Челябинская обл., Кизильский р-н, за с. Кизильское. 16 км к востоку от г. Сибай. Долина р. Урал. Крупный скальный выход «Синий камень» среди степной холмистой территории	N 52°43' E 58°55'	Край дороги в кустарниковых зарослях на террасе реки Урал	*L. pratensis, V. cracca*
15	Башкирия. 30 км к северу от г. Баймак. Западный склон хребта Эрендык. За пос.Исяново. У озера Талкас	N 52°49' E 58°15'	Край молодого сосняка и пляжных рекреационных участков. В низком кустарнике	*L. pisiformis*
16	То же	То же	Осветленный участок лиственного леса у скал	*V. tenuifolia, L. vernus*
17	Башкирия. 100 км к югу от г. Сибай. Хайбулинский р-н, вблизи границы с Оренбургской обл.	N 51°59' E 58° 24'	Полынные степи, край дороги	*L. tuberosus, V. cracca*
18	Оренбургская обл., Хайбуллинский район, у дер. Илячево	N 51° 47' E 58°05'	Седловина между верхними частями горы. Степная растительность	*L. pallescens*
19	То же	То же	Пойменный луг, разнотравье	*V. cracca*
20	Оренбургская обл., Саракташский р-н, к северу от с.Новочеркасск. Возле шоссе.	N 51°40' E 56°18'	Лесополоса среди полей. Луговое разнотравье	*L .tuberosus, V. cracca*
21	Башкирия, Зиангуринский р-н. 5 км на ю-в от с. Тазларово, за р. Большой Сурен	N 52°05' E 56°44'	Край дубово-березово-кленового леса и разнотравного луга (покоса)	*L. pallescens, V. cracca, L. litvinovii, V. sepium, L. pratensis*
22	Башкирия, Зиангуринский р-н. 20 км на ю-в от с. Тазларово, за дер. Верхнее Муйнаково	N 52°03' E 56°45'	Светлая дубовая роща на холме с остепненной луговой растительностью	*L. pallescens*
23	То же	То же	Остепненный луг на холме, около дубовой рощи	*V. cracca, V. tenuifolia*
24	Башкирия, Кугарчинский р-н, у дер. Новониколаево	N 52°41' E 56°32'	Край поля, в разнотравье	*V. cracca*
25	Башкирия. Ишимбайский р-н. К юго-западу от г. Стерлитамак. Гора Тратау	N 53°33' E 56°05'	Северный склон горы. Граница леса и разнотравного луга. В кустарнике	*L. pratensis, V. cracca, V. tenuifolia, L. pisiformis, L. litvinovii, V. pisiformis*
26	Башкирия. 26 км к югу от г. Уфа. Возле деревни, в 3 км к востоку от трассы	N 54°22' E 55° 56'	Край поля и дубово-соснового леса. Травостой в подлеске	*L. pisiformis*
27	То же	То же	Край поля и дубово-соснового леса. Травостой в подлеске	*V. sepium, L. pratensis, V. tenuifoli, L. litvinovii*
28	Челябинская обл., Ашинский район к с.-в. от г. Сим. Гора Шелывагина шишка	N 55°01' E 57°51'	Граница леса и разнотравного сенокосного луга в верхней части горы	*L. litvinovii, V. sylvatica, L. pisiformis, L. pratensis, V. sepium*

№ п/п	Место сбора	Координаты, высота над уровнем моря	Ценоз	Виды
29	Челябинская обл. К юго-западу от г. Усть-Катав. Окрестности р. Малый Бердяш	N 54°55' E 58°01'	Край шоссе среди полей. В разнотравье у кустов	*L. pisiformis, V. hirsuta*
30	Челябинская обл., Саткинский р-н, национальный парк «Озеро Зюраткуль»	N 54°55' E 59°13'	Небольшие щебенистые осыпи возле скалы	*V. nervata*
31	Челябинская обл., Саткинский р-н, дорога в национальный парк «Озеро Зюраткуль»	N 55°02' E 59°14'	Сосново-березовый лес с травянистым подлеском	*L. gmelinii, L. vernus, L. pisiformis, V. sylvatica*
32	Челябинская обл., окрестности г. Златоуста, дорога на г. Миасс	N 55°07' E 59°47' 553 m	Сосново-березовый лес с травянистым подлеском	*V.sepium, L.vernus, L.gmelinii*
33	Челябинская обл., окрестности г. Миасс. Дорога г. Миасс – г. Карабаш. 2 км от дер. Новоандреевка. Восточный склон Большого Таловского хребта	N 55°20' E 60°12'	Сосново-лиственный лес с травянистым подлеском	*L. vernus, L. pisiformis*
34	Челябинская обл., окрестности г. Миасс, вблизи Ильменского заповедника.	N 55° 01' E 60° 09'	Разнотравный луг у железнодорожной насыпи	*L. pratensis*
35	Челябинская обл., окрестности г. Миасс, Ильменский заповедник. Вблизи базы заповедника	N 55° 01' E 60°10'	Сосновый лес	*V. sylvatica, V. sepium, L. vernus, V. tenuifolia, L. pisiformis*

Проблемы сохранения биоразнообразия требуют сбора информации о внутривидовой изменчивости и структуре популяций видов. В связи с этим нами была изучена изменчивость некоторых морфологических признаков в популяциях наиболее широко распространенных в данном регионе видов *L. pisiformis* и *L. gmelinii*. В экспедиционных условиях исследовали изменчивость 6 признаков: числа стеблей и листочков, формы листочков, прилистников и бобов, окраски семян. Выявлено, что популяции данных видов неоднородны по анализируемым признакам и представлены большим разнообразием форм. Это указывает на целесообразность сбора всего наблюдаемого разнообразия для сохранения генпула вида.

Были проведены также антэкологические наблюдения in situ, позволяющие сделать предварительные заключения о системах семенного размножения многолетних видов чины. Посещение насекомыми соцветий в разной степени активности наблюдалось у всех видов. На соцветиях разных видов отмечались представители семейств *Coleoptera (Bruchus), Hymenoptera (Apis, Bombus),* иногда *Lepidoptera.* Наиболее активными опылителями были пчелы и шмели. На основании этого сделан вывод о том, что все многолетние виды чины, семена которых собраны в экспедиции, – перекрестноопылямые энтомофилы. Поскольку нахождение в каждом месте сбора было не продолжительным (1 день), невозможно сделать заключение о степени перекрестноопыляемости. Этот параметр нужно изучать по степени завязываемости семян после самоопыления, без вмешательства в условиях изоляции соцветий, что будет сделано впоследствии, в специальном эксперименте. Поддержание собранных образцов после включения их в коллекцию необходимо осуществлять в условиях пространственной изоляции.

Все цели, поставленные перед участниками экспедиции, выполнены. Коллекция пополнена новыми образцами, расширяющими ее видовое разнообразие. Получены новые знания о фитоценотической приуроченности собранных видов трибы Виковых, о межпопуляционной и внутрипопуляционной изменчивости морфологических признаков у

двух видов чины, о типе и способе опыления у собранных многолетних чин. Пополнение коллекции представителями 15 видов трибы *Vicieae* позволит с наибольшим охватом разнообразия изучать вопросы ее систематики и филогении.

Работа выполнена при финансовой поддержке гранта РФФИ 08-04-10138-к

Литература

1. *Бурляева М. О., Вишнякова М. А., Алпатьева Н. Н., Чесноков Ю. В.* К решению вопросов биосистематики *Lathyrus sativus* L. (*Fabaceae*) // XII Делегатский съезд русского ботанического общества «Фундаментальные и прикладные проблемы ботаники в начале XXI века». Петрозаводск, 2008. Ч. 1. С. 17–20.
2. *Вишнякова М. А., Бурляева М. О., Алпатьева Н. В., Чесноков Ю. В.* RAPD анализ видового полиморфизма рода чина *Lathyrus* L. семейства *Fabaceae* Lindl. // Вестник ВОГиС. Новосибирск, 2008. Т. 12. С. 595–607.
3. *Горчаковский П. Л.*, *Шурова Е. А.* Редкие и исчезающие растения Урала и Приуралья / М.: Наука, 1982. 208 с.
4. *Крашенинников И. М.* Растительность Южного Урала // Природа Урала / Свердловск: Полиграф книга, 1936. С. 140–160.
5. *Куликов П. В.* Конспект флоры Челябинской области (сосудистые растения) // Екатеринбург: Миасс, 2005. 537 с.
6. *Попов М. Г.* Род *Cicer* и его виды. К проблеме происхождения средиземноморской флоры (Опыт морфологической и географической монографии) // Тр. по прикл. бот., ген. и сел. Л.: ВИР, 1929. Т. 21, Вып.1. 239 с.
7. *Потокина Е. К., Булынцев С. В., Томоока Н. и др.* К вопросу о происхождении возделываемых бобов и внутривидовом разнообразии *Vicia faba* L. По результатам молекулярного маркирования генома // С.-х. биол. М., 2008. № 3. С. 48–57.
8. *Станкевич А. К., Репьев С. И.* Вика // Культурная флора. С.-Пб.: ВИР, 1999. 490 с.
9. *Федченко Б. А.* Роды *Vicia, Lens, Lathyrus* // Флора СССР / Под ред. В. Л. Комарова. М., Л.: Изд-во АН СССР, 1948. Т. XIII. С. 406–520.
10. *Черепанов С. К.* Сосудистые растения России и сопредельных государств (в пределах бывшего СССР) // СПб.: Мир и семья, 1995. 992 с.
11. *Чефранова З. В.* Род *Lathyrus* L. // Флора европейской части СССР / Под ред. А. А. Федорова. Л., 1987. Т. 6. С. 147–172.

ЭВОЛЮЦИОННОЕ ФОРМИРОВАНИЕ ГЕНЕТИЧЕСКОГО РАЗНООБРАЗИЯ КУЛЬТУРНЫХ СОРТОВ И ДИКИХ РОДИЧЕЙ У ВИНОГРАДА

В. А. Волынкин, А. А. Полулях
Национальный институт винограда и вина «Магарач» УААН, Ялта, Украина, e-mail: select_magarach@ukr.net

Резюме

В настоящее время в Крыму существуют реликтовые эндемичные формы дикого винограда *Vitis vinifera* ssp. *silvestris* Gmel., а также переходные формы, которые промежуточное звено между разновидностями дикого винограда и эколого-географическими группами культурных сортов. Это позволяет выделить данный регион в самостоятельный субочаг происхождения винограда, что ценно для изучения эволюции культуры.

EVOLUTIONARY FORMATION OF GENETIC DIVERSITY OF CULTIVARS AND WILD RELATIVES AT THE GRAPEVINE

V. A. Volynkin, A. A. Polulyah
National Institute of Vine and Wine of "Magarach" UAAS, Yalta, Ukraine, e-mail: select_magarach@ukr.net

Abstract

Now in Crimea there are relict endemic forms of wild grapevine *Vitis vinifera* ssp. *silvestris* Gmel. and also transitive forms which are an intermediate link between versions of a wild grapevine and eco-geographical groups of varieties. It allows to allocate this region into the independent sub center of an origin of a grapevine that be valuable for studying evolution of culture.

Согласно общему мнению, всякое культурное растение произошло от дикого предка. По диким предкам можно судить о месте происхождения культурного растения и о его эволюции. Виноград – чрезвычайно пластичное растение, и дикие сородичи культурного винограда, относящегося к виду *Vitis vinifera* L., занимают большой ареал Евразии. Считается, что эволюция культурного винограда шла очень сложными путями. В каждом регионе под влиянием местных условий складывался свой сортимент аборигенных сортов или путем отбора из диких лоз, или завозом сортов, которые быстро скрещивались с местными, ранее отобранными сортами. К местному сортименту каждого древнего региона впоследствии примешивались новые сорта более позднего происхождения и завозимые из отдаленных мест. Исследования, проведенные многими авторами, указывают на происхождение культурного винограда *Vitis vinifera* ssp. *sativa* D.C. от форм дикого винограда *Vitis vinifera* ssp. *silvestris* Gmel. [8–10]. А. М. Негруль выделяет основные очаги формообразования этого культурного винограда: Западная Европа, страны бассейна Черного моря, Средняя и Передняя Азия, Ближний Восток и определил три эколого-географические группы: западноевропейская – *Vitis vinifera sativa* convar. *occidentalis* Negr., бассейна Черного моря – *Vitis vinifera sativa* convar. *pontica* Negr. и восточная – *Vitis vinifera sativa* convar. *orientalis* Negr. [8].

Поскольку Крым входит в один из признанных очагов первичного происхождения винограда, выявление и изучение форм дикого винограда и аборигенных сортов очень важно для выяснения вопросов происхождения винограда, формирования местного сортимента региона и эволюции культуры в целом.

Ампелографическая коллекция НИВиВ «Магарач», включающая 3462 сортообразца винограда различных регионов мира, – единственное место, где наиболее полно собраны и представлены местные сорта винограда Крыма (80 сортов). Эти сорта выделены из старых насаждений Южного берега Крыма – района Ялты, Алушты, Севастополя, Судакского района.

В последнее время в рамках выполнения программы международного проекта, проводимого под эгидой IPGRI, проведен поиск дикого лесного винограда Крыма в местах его естественного произрастания. Образцы винограда были собраны в нескольких высотных лесорастительных зонах и поясах от 50 до 700 м над уровнем моря – в районе долины р. Учан-Су (г. Ялта) и в бассейне водосбора р. Улу-Узень (г. Алушта), представляющего правый берег Алуштинской долины [1]. В результате выявлено 160 форм *Vitis vinifera* ssp. *silvestris* Gmel., послужившие материалом для исследований.

Для дифференциации 80 крымских сортов по основным морфобиологическим признакам отобрали 84 признака, которые ранее были определены как таксономически значимые для идентификации и паспортизации сортов винограда [11]. Для дифференциации форм дикого винограда *Vitis vinifera* ssp. *silvestris* Gmel. отобрано 30 признаков листа [6, 15].

Изучение морфологических признаков форм дикого лесного винограда *Vitis vinifera* ssp. *silvestris* популяций Ялта и Алушта, выделенных в двух различных ареалах обитания Южного берега Крыма, показало, что все выделенные формы принадлежат к *Vitis vinifera* ssp. *silvestris*, основная отличительная черта которого – двудомность, определяемая наличием растений с истинно мужскими и женскими типами цветка (у культурного винограда подвида *Vitis vinifera sativa* D.C. тип цветка обоеполый или функционально женский). Установлено, что формы с мужским типом цветка преобладают в соотношении к растениям с женским типом цветка как 3 : 1.

В результате проведенного кластерного анализа *Vitis vinifera ssp. silvestris* по 30 признакам взрослого листа установлена его дифференциация выделенных форм (рис.1). В

популяции Ялта выделены разновидности *Vitis vinifera* ssp. *silvestris*, которые соответствуют группам, описанным ранее рядом исследователей при изучении дикого лесного винограда Крыма [5]: var. *aberrans* Negr. (5% от общего количества форм популяции); var. *taurica* Bol. et Mal. (7,5%); var. *typica* Negr. (2,5%); var. *typica* Bol. et Mal. с рассеченными листьями (25%); и var. *balcanica* Bol. et Mal. с рассеченными листьями (18,75%). Описание основных признаков приведено в таблице.

В популяции Алушта выделены разновидности: *Vitis vinifera silvestris* var. *aberrans* Negr. – 35,7%; var. *typica* Negr. – 7,2%; var. *typica* Bol. et Mal. с рассеченными листьями – 26,2%; var. *balcanica Negr.* – 7,2% и var. *balcanica* Bol. et Mal. с рассеченными листьями – 4,7%.

Кроме перечисленных групп в популяции Ялта выделяются также разновидности с более крупным листом в пределах групп var. *aberrans*, var. *typica*, var. *typica* с рассеченными листьями и var. *balcanica* с рассеченными листьями, количество которых от общего количества форм популяции Ялта составило 3,75, 5, 20 и 5% соответственно. В популяции Алушта разновидности с более крупным листом выделены в пределах групп var. *aberrans*, var. *typica*, и var. *balcanica* с рассеченными листьями, количество которых составило 11,9, 2,4, и 4,7% соответственно. Эти формы по признакам рассеченности листа и опушения нижней поверхности листа идентичны с основными разновидностями, но отличаются от них величиной листа, превышающей основные разновидности в 2–3 раза, формой верхних вырезок и формой черешковой выемки (табл.). По описанным признакам выделенные разновидности с более крупным листом сходны с сортами культурного винограда различных эколого-географических групп. Значительную группу представляют формы, близкие по ряду признаков листа к сортам западноевропейской эколого-географической группы: var. *aberrans*, var. *typica*, var. *typica с рассеченными листьями*. Формы, принадлежащие к var. *balcanica* с рассеченными листьями, имеют большое сходство с сортами эколого-географической группы бассейна Черного моря. И только наличие двудомных растений в выделенных группах с крупными листьями свидетельствует об их истинной принадлежности к дикому лесному винограду *Vitis vinifera* ssp. *silvestris*. Каждую группу можно рассматривать как промежуточное звено между известными разновидностями дикого винограда и эколого-географическими группами культурных сортов. В целом это подтверждает точку зрения Р. М. Рамишвили о существовании промежуточной между *V. sativa* и *V. silvestris* группы *V. Silvesatis* [12].

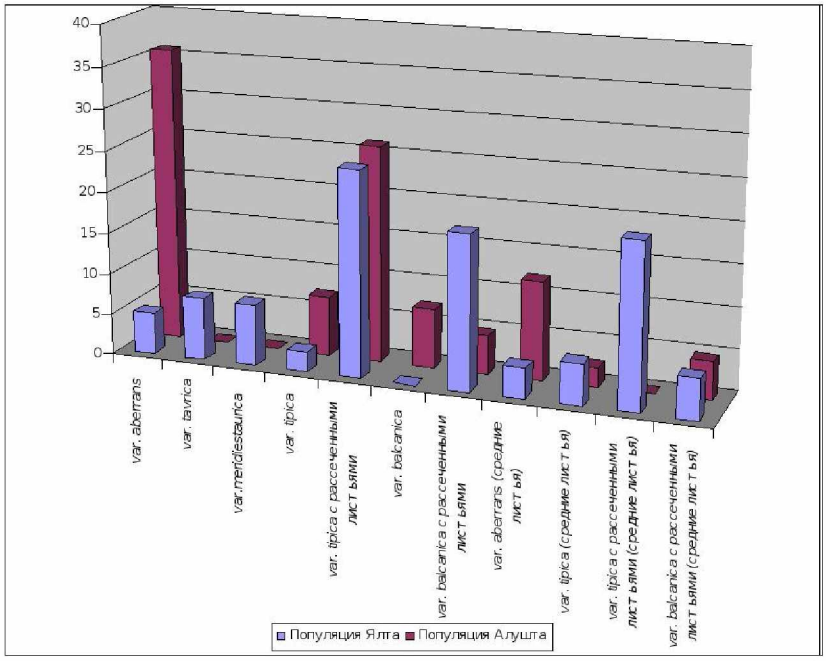


Рис. 1. Дифференциация форм *Vitis vinifera* ssp. *silvestris* популяций Ялта и Алушта на группы

Характеристика форм *Vitis vinifera* ssp. *silvestris*, выделенных в популяциях Ялта и Алушта

Группа	Цветок	Размер листа	Рассеченность листа	Верхняя поверхность листа	Верхние вырезки	Нижние вырезки	Черешковая выемка	Опушение нижней стороны листа
1	2	3	4	5	6	7	8	9
var. *aberrans* (с мелкими листьями)	♂ или ♀*	мелкий	средне- и сильнорассеченный, трехлопастный, пятилопастный, семилопастный	зеленая и темно-зеленая	открытые, сводчатые, с заостренным или зубчатым дном или глубокие, открытые, лировидные, с широким устьем и заостренным дном	в виде входящего угла и неглубокие, открытые сводчатые, с заостренным дном	открытая, стрельчатая или широко открытая стрельчатая, с краями, ограниченными жилками, или стрельчатая, с зубчатым дном	щетинистое опушение различной плотности или не опушена, со щетинистым опушением по центральным жилкам
var. *aberrans* (со средними листьями)	♂ или ♀*	средний и больше среднего	сильнорассеченный, пятилопастный	светло-зеленая	глубокие, закрытые, с узкоэллиптическим просветом	средней глубины, в виде входящего угла, или открытые, сводчатые, с заостренным дном	закрытая, с эллиптическим просветом, или с сильно перекрывающимися лопастями и узкоэллиптическим просветом	щетинистое средней густоты
var. *balcanica* с рассеченными листьями (мелкие листья)	♂ или ♀*	мелкий	среднерассеченный, трехлопастный; сильнорассеченный, пятилопастный	от светло- до темно-зеленой	лировидные, с широким устьем, или открытые, сводчатые, с заостренным дном, реже с округленным дном	в виде входящего угла или неглубокие, открытые, сводчатые, с заостренным дном	открытая, стрельчатая или сводчатая, с заостренным дном	щетинисто-паутинистое средней густоты

Группа	Цве-ток	Размер листа	Рассеченность листа	Верхняя поверх-ность листа	Верхние вырезки	Нижние вырезки	Черешковая выемка	Опушение нижней стороны листа
1	2	3	4	5	6	7	8	9
var. *balcanica* с рассеченными листьями (средние листья)	♂ или ♀*	средний	сильнорассе-ченный, семило-пастный	зеленая и темно-зеленая	глубокие, открытые, лировидные, с узким или широким устьем и заостренным дном	глубокие, открытые, лировидные, с широким устьем и заостренным дном, или открытые сводчатые, с заостренным дном	широко открытая, лировидная или стрельчатая, с краями ограниченными жилками	щетинисто-паутинистое, сильное
var. *taurica*	♂ или ♀*	мелкий	почти цельный, трехлопастный	светло-зеленая	в виде входящего угла	в виде входящего угла, едва намечены	открытая, сводчатая	не опушен или редкое, щетинистое
var. *meridies-taurica*	♂ или ♀*	мелкий > мелкого	слаборассечен-ный, трех-, пятилопастный	темно-зеленая	неглубокие, сводчатые, с заостренным или округленным дном	в виде входящего угла	открытая, стрельчатая, с краями, ограниченными жилками	не опушен или редкое, щетинистое
var. *typica* (с мелкими листьями)	♂ или ♀*	мелкий	слаборассечен-ный, почти цельный, трехлопастный	светло-зеленая	в виде входящего угла	в виде входящего угла, едва намечены	открытая, сводчатая	паутинистое, от слабого до средней степени
var. *typica* (со средними листьями)	♂ или ♀*	средний	слаборассечен-ный, почти цельный, трехлопастный	светло-зеленая и зеленая	в виде входящего угла	в виде входящего угла, едва намечены	открытая, сводчатая или открытая, стрельчатая, иногда открытая, лировидная	слабое, паутинистое, ее опушена, слабое, паутинистое по жилкам

Группа	Цве-ток	Размер листа	Рассеченность листа	Верхняя поверх-ность листа	Верхние вырезки	Нижние вырезки	Черешковая выемка	Опушение нижней стороны листа
1	2	3	4	5	6	7	8	9
var. *typica* с рассеченными листьями (мелкие листья)	♂ или ♀*	мелкий	средне- и сильнорассе-ченный,трехло-пастный	зеленая и темно-зеленая	открытые, сводчатые, с заостренным дном, реже глубокие, открытые лировидные, с узким устьем	в виде входящего угла или неглубокие, открытые, сводчатые, с заостренным дном	открытая, стрельчатая	паутинистое, средней густоты
var. *typica* с рассеченными листьями (средние листья)	♂ или ♀*	средний	средне- и сильнорассе-ченный,трех-, пяти-, семило-пастный	от светло-зеленой до темно-зеленой	открытые, сводчатые, с заостренным дном, реже открытые, лировидные, с узким устьем, иногда закрытые, с узкоэллиптическим просветом	в виде входящего угла или открытые, сводчатые, с заостренным дном	открытая, стрельчатая, открытая, сводчатая или открытая, лировидная	паутинистое, различной густоты или не опушен, с паутинистым опушением центральных жилок

Примечания: ♂ – тип цветка функционально мужской; ♀ – тип цветка функционально женский.

В популяции *V.v. silvestris* Ялта выявлены формы, которые по изученным признакам определены как разновидность *Vitis vinifera silvestris* var. *taurica* Bol. et Mal. (рис. 1). Однако в пределах этой группы по изученным признакам выделяются растения с темно-зеленой окраской верхней поверхности листа, более выраженными верхними вырезками (неглубокие, сводчатые, с заостренным или округленным дном) и формой черешковой выемки (широко открытой, стрельчатой, с дном, ограниченным жилками) (табл.). Соотношение количеств выявленных форм в разделяющихся разновидностях *var. taurica* одинаково и в сумме они составляют 7,5% от общего количества популяции Ялта. Установленные отличия дают основание для выделения дополнительной разновидности *Vitis vinifera silvestris* var. *meridiestaurica* Vol. et Pol.

Таким образом, в результате изучения местных форм *V.v. silvestris* установлено, что в Крыму найдены разновидности дикого винограда, присущие только этому региону. Это утверждение дает основание рассматривать данный регион как самостоятельный субочаг происхождения культуры винограда.

Каждая страна или виноградарский район имеют свои местные, существующие с незапамятных времен сорта винограда [14]. Полученная дифференциация 80 местных сортов Крыма по комплексу 84 ампелографических признаков свидетельствует о принадлежности местных сортов Крыма к различным эколого-географическим группам: бассейна Черного моря, западноевропейской и восточной (рис. 2). Как видно из полученных данных, около половины (45%) составляют сорта восточной эколого-географической группы, 38% сорта эколого-географической группы бассейна Черного моря и 17% – сорта западно-европейской эколого-географической группы. Поскольку Крым относится к бассейну Черного моря, следовало предположить, что все аборигенные сорта винограда должны относиться к данной эколого-географической группе. Однако наличие сортов, относящихся к другим группам, указывает на то, что часть из них была когда-то завезена в Крым.

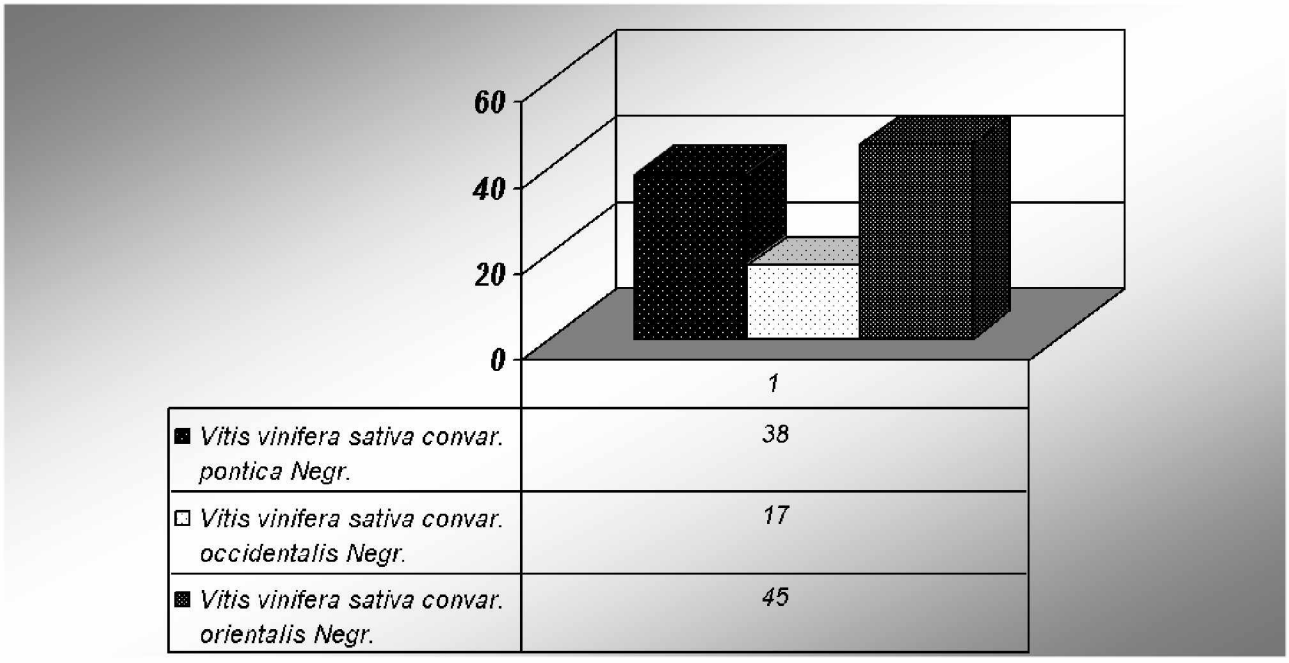


Рис. 2. Распределение крымских аборигенных сортов по эколого-географическим группам согласно классификации А. М. Негруля

Археологические данные свидетельствуют, что виноград был известен местным племенам горного Крыма задолго до прихода греков в X веке до н. э. Вначале в культуре использовали дикорастущий виноград, а позднее, с развитием древнегреческих колоний на побережье Крыма в VII–VI вв. до н. э., завозятся новые сорта винограда. Об этом

свидетельствуют археологические данные: все обнаруженные из раскопок виноделен и других мест семена принадлежали культурным сортам или дикому винограду вида *Vitis vinifera* L. [5, 9]. Есть основание предполагать, что первичное формирование аборигенных сортов винограда происходило на основе отбора от дикого винограда Крыма. Процесс формирования культурных сортов винограда Крыма очень сложен. Маловероятно, что решающую роль здесь сыграл только естественный отбор. Большее влияние отводится искусственному отбору и гибридизации истинно аборигенных и завезенных сортов.

Возможно, в периоды упадка виноградарства в Крыму терялись культивируемые до этого сорта винограда, а со сменой господствующих культур завозились новые сорта, которые на месте приобретали новые названия. Еще Колумелла писал, что «всякий район, всякий уголок его обладает сортами винограда, ему свойственными, которым он дает свое название. Перенесенные в другие районы сорта получают там свои названия и меняют свое качество настолько, что иной раз их нельзя узнать» [3]. Ряд авторов считает [3, 4, 8], что многие местные сорта Крыма завезены из Европы и Закавказья. Довольно многочисленные местные сорта Судакского района после тщательного изучения Сушковым и Кацем оказались в большинстве случаев западноевропейскими сортами. Известно, что только около 40 сортов были завезены генуэзцами и турками. Так, например, Ковалевка по морфологическим признакам имеет сходство с сортом Гаме черный или является сеянцем одного из представителей группы Гаме [13]. Сорт Дардаган имеет сходство с палестинскими сортами, был завезен в Крым татарами-паломниками [3]. Сорта Сары кокур, Сары пандас, Кокур белый, Кандаваста происходят из Греции, о чем свидетельствуют их греческие названия, сохранившиеся до сих пор.

Полученная нами дифференциация 80 крымских сортов винограда на три обособленные группы, которые по ампелографическим признакам соответствуют сортам трех эколого-географических групп (бассейна Черного моря, западноевропейской и восточной), еще раз подтверждает гипотезу о происхождении крымских сортов из различных регионов формообразования культурного винограда.

Но сопоставление данных ряда исследователей морфобиологических признаков культурных аборигенных сортов Крыма и выявленных разновидностей *Vitis vinifera* ssp. *silvestris* позволило провести некоторые параллели и доказать, что ряд местных сортов выведен человеком в древности здесь, на месте, в Крыму из естественного лесного фонда. В основном это сорта винного направления использования: Ковалевка, Херсонесский, Лапа-Кара, Кастель черный, Эким-Кара, Чернокрымский, Джеват-Кара, Кефесия и др. [5]. Так, например, сорт Манжил ал, по свидетельству старожилов, введен в культуру из зарослей дикорастущего винограда, сохранившегося до сих пор на склонах горы Манжил на месте бывшей древнегреческой колонии [7]. Сорт Херсонесский по ряду морфологических признаков похож на дикорастущий виноград и распространен в ограниченном ареале, охватывающем район, прилегающий к Севастополю [2].

По мнению ряда исследователей, доказательством местного происхождения культивируемых сортов винограда в данном регионе является сходство по ряду морфологических признаков культурных сортов с диким лесным виноградом, произрастающим в этом регионе, что свидетельствует о существовании общего предка, от которого в процессе эволюции и произошли эти два подвида винограда [8, 10]. Существует ряд аборигенных сортов различных регионов, явно несущих черты близкого сходства с диким лесным местным виноградом: Каберне Совиньон, Фетяска черная, Рара нягра и др. [14].

Существование в настоящее время в Крыму реликтовых эндемичных форм дикого винограда *Vitis vinifera* ssp. *silvestris*, наличие переходных форм, представляющих промежуточное звено между разновидностями дикого винограда и эколого-географическими группами культурных сортов, позволяет выделить этот регион в самостоятельный субочаг происхождения винограда, что ценно для изучения эволюции культуры. Подтверждением является и существование аборигенных сортов винограда Крыма, происходящих от местных реликтовых эндемичных форм винограда.

Литература

1. *Волынкин В. А., Полулях А. А., Чекмарев Л. А., Рошка Н. А., Левчук И. О., Астапов А. Ю.* Генетические ресурсы винограда: эндемичные формообразцы Крыма и их разнообразие // «Магарач». Виноградарство и виноделие. Сб. науч. тр. 2007. Т. XXXVII. С. 24–28.
2. *Дашкевич А. В.* Сорт Херсонесский // Ампелография СССР. Малораспространенные сорта винограда. М.: Пищевая промышленность, 1966. Т. III. С. 338–339.
3. *Иванов А. А.* Крымские аборигенные сорта винограда.. Симферополь: Крымиздат, 1947. 79 с.
4. *Коржинский С. И.* Ампелография Крыма. СПб.: Типография Главного Управления Уделов, 1904. 201 с.
5. *Маликов В. М.* Дикорастущий виноград в древних и средневековых поселениях Крыма как исходный материал для селекции и пополнения сортового фонда: Автореф. … на соиск. учен. степ. канд. с.-х. наук. Кишинев, 1968. 21 с.
6. *Мелконян М. В., Волынкин В. А.* Методика ампелографического описания и агробиологической оценки винограда. Ялта: ИВиВ «Магарач», 2002. 27 с.
7. *Мищенко И. Л.* Сорт Манжил ал. // Ампелография СССР. Малораспространенные сорта винограда. М.: «Пищевая промышленность», 1966. Т. II. С. 311–312.
8. *Негруль А. М.* Происхождение культурного винограда и его классификация // Ампелография СССР / Под ред. проф. А. М. Фролова-Багреева. М.: Пищепромиздат, 1946. Т. 1. С. 159–216.
9. *Негруль А. М.* Археологические находки семян винограда // Сов. археология. 1960. №1. С. 111–119.
10. *Негруль А. М., Иванов И. К., Катеров К. И., Дончев А. А.* Дикорастущий виноград Болгарии / Под ред. К. И. Катерова. М.: Колос, 1965. 77 с.
11. *Полулях А. А.* Характеристика сортов *Vitis vinifera pontica balcanica* Negr. по комплексу ампелографических признаков и спектрам изоферментов: Автореф. дис. … на соиск. учен. степ. канд. с.-х. наук. Ялта, 1998. 16 с.
12. *Рамишвили Р. М.* Дикорастущий виноград Закавказья. Тбилиси: Ганатлеба, 1988. 124 с.
13. *Рожанец Г. М.* Сорт Ковалевка // Ампелография СССР. Малораспространенные сорта винограда. М.: Пищевая промышленность, 1966. Т. II. С. 161–163.
14. *Янушевич З. В., Пелях М. А.* Дикорастущий виноград Молдавии. Кишинев: Редакционно-издательский отдел Академии наук Молдавской ССР, 1971. 107 с.
15. *Code* des caracteres descriptifs des varietes et especes de Vitis. Paris: Office international de la vigne et du vin (OIV), 1983. 56 p.

ИЗУЧЕНИЕ ГЕНЕТИЧЕСКОГО РАЗНООБРАЗИЯ КУЛЬТУРНЫХ И РОДСТВЕННЫХ ДИКИХ ВИДОВ КАРТОФЕЛЯ ИЗ КОЛЛЕКЦИИ ВИР им. Н. И. ВАВИЛОВА НА ОСНОВЕ АНАЛИЗА ПОЛИМОРФИЗМА МИКРОСАТЕЛЛИТНЫХ ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНОСТЕЙ ЯДЕРНОЙ ДНК И АНАЛИЗА ИЗМЕНЧИВОСТИ МОРФОЛОГИЧЕСКИХ ПРИЗНАКОВ

Т. А. Гавриленко[1], О. Ю. Антонова[1], А. Б. Овчинникова[1], Л. Ю. Новикова[1], Е. А. Крылова[1], Г. И. Пендинен[1], Н. А. Швачко[1], А. Б. Исламшина[1], С. Д. Киру[1], Т. Н. Смекалова[1], Л. И. Костина[1], Н. В. Мироненко[2], Д. Спунер[3]

[1]Государственный научный центр РФ Всероссийский научно-исследовательский институт растениеводства им. Н. И. Вавилова РАСХН, Санкт-Петербург, Россия,
e-mail: t.a.gavrilenko@vir.nw.ru

[2]Государственный научный центр РФ Всероссийский научно-исследовательский институт защиты растений, Санкт-Петербург, Россия,

[3]USDA, ARS, Department of Horticulture, University of Wisconsin, Madison, USA

Резюме

Исследовано генетическое разнообразие 238 образцов семи культурных видов и 57 образцов родственных диких видов серий *Tuberosa* и *Acaulia* с использованием методов SSR-анализа 19-ти

ядерных микросателлитных последовательностей и фенотипического анализа изменчивости 78 морфологических признаков. Полученные результаты дополняют литературные данные и указывают на необходимость пересмотра существующих систем культурных видов картофеля.

A MICROSATELLITE AND MORPHOLOGICAL ASSESSMENT OF THE CULTIVATED POTATO SPECIES AND THEIR WILD RELATIVES FROM THE COLLECTION OF VAVILOV INSTITUTE OF PLANT INDUSTRY

T. A. Gavrilenko[1], O. Yu. Antonova[1], A. B. Ovchinnikova[1], L. Yu. Novikova[1], E. A. Krylova[1], G. I. Pendinen[1], N. A. Shvachko[1], A. B. Islamshina[1], S. D. Kiru[1], T. N. Smekalova[1], L. I. Kostina[1], N. V. Mironenko[2], D. Spooner[3]

[1]State Scientific Centre N. I. Vavilov All-Russian Research Institute of Plant Industry of RAAS, St. Petersburg, Russia, e-mail: t.a.gavrilenko@vir.nw.ru

[2]State Scientific Establishment All Russian Institute for Plant Protection (SSE VIZR), St.-Petersburg, Russia

[3]USDA-ARS, Vegetable Crops Research Unit, Department of Horticulture, University of Wisconsin, 1575 Linden Drive, Madison WI 53706-1590, USA

Abstract

Genetic and phenotypic variability of the subset of 238 accessions of 7 cultivated potato species and 57 accessions of closely related wild species of series *Tuberosa* and *Acaulia* have been described using SSR analysis of 19 nSSR loci and phenetic analysis of 78 morphological characters. The received results supplement the literary data and specify a necessity of revision of existing systems of cultivated potato species.

Анализируя сборы растительного материала первых экспедиций ВИР в страны Центральной и Южной Америки, С. В. Юзепчук и С. М. Букасов в 1929 г. [3] впервые описали разнообразие культурных видов картофеля, выделив 12 видов дополнительно к *S. tuberosum* L. Позднее С. М. Букасов [2] выделил 17 культурных видов картофеля, основываясь на анализе морфологических и физиологических признаков, числа хромосом, а также данных об эколого-географической приуроченности анализируемых образцов. В настоящее время существует несколько систем культурных видов картофеля: К. Доддса, 1962 [4], С. М. Букасова, 1978 [2], Дж. Хокса, 1990 [8], К. Очоа, 1990 [11], Д. Спунера с соавторами, 2007 [12] и др. Большинство зарубежных ученых признают систему Дж. Хокса, 1990 [8], различающую семь культурных видов картофеля, основанную на анализе морфологических признаков, эколого-географической приуроченности, данных скрещиваемости и цитогенетических исследований.

Цель данной работы состояла в изучении меж- и внутривидового генетического разнообразия культурных видов картофеля, выяснении их филогенетических взаимосвязей с дикими видами и уточнении спорных вопросов существующих систем изучаемых таксонов.

Материалом исследований служили 238 образцов всех семи культурных видов (согласно системе Хокса, 1990 [8]) *S. ajanhurii, S. chaucha, S. curtilobum, S. juzepczukii, S. phureja, S. stenotomum, S. stenotomum subsp. goniocalyx, S. tuberosum ssp. andigenum, S. tuberosum ssp. tuberosum* и 57 образцов ряда Южно-Американских диких видов картофеля серий *Tuberosa* и *Acaulia* (*S. albicans, S. acaule, S. brevicaule, S. bukasovii, S. canasense, S. gourlayi, S. gourlayi subsp. vidaurrei, S. hondelmannii, S. leptophyes, S. maglia, S. megistacrolobum, S. multidissectum, S. oplocense, S. sparsipilum, S. spegazzinii, S. toralapanum, S. vernei*).

В 2006 г. материал был размножен, проведена проверка таксономически значимых признаков растений, подсчитано число хромосом. Для отобранных 295 образцов экспериментальной выборки дополнена и расширена паспортная база данных; образцы были загербаризированы и инсерированы в гербарную коллекцию ВИР.

Анализ морфологических признаков образцов экспериментальной выборки проводили в 2007 г. Растения выращивали на опытном поле Пушкинского филиала ВИР. У каждого растения оценивали 30 качественных и 48 количественных признаков, используя методику

CIP [9] с небольшими модификациями. Каждый образец был представлен тремя растениями (клоновый материал). Измерения и описания были сведены в базу данных, включившую 78 показателей для каждого растения экспериментальной выборки из 238 образцов семи культурных видов картофеля. Оценку изменчивости морфологических признаков проводили с использованием программы StatSoft Statistica v6.0. Группирование семи культурных видов по совокупности морфологических признаков было исследовано методом факторного анализа (StatSoft Statistica v6.0, Factor Analysis, Principal Components). Исходными данными послужили как усредненные характеристики видов, так и средние характеристики образцов по изученным признакам.

ДНК выделяли из замороженных в жидком азоте листьев растений тех же 238 генотипов культурных видов картофеля, которые участвовали в фенетическом анализе, а также 57 образцов диких видов. Полиморфизм 19-ти микросателлитных последовательностей с известной хромосомной локализацией (nSSR) [5, 6, 10] изучали с использованием ПЦР с флуоресцентно-меченными праймерами. Разделение амплифицированных фрагментов получено с помощью системы LI-COR 4300S; для обработки и документации результатов использовали программу SAGA Generation 2 software. Статистическую обработку полученных результатов проводили с помощью дисперсионного, факторного, кластерного анализов с использованием программ StatSoft Statistica v6.0 и DarWin v.5.0.157 (http://darwin.cirad.fr/darwin).

Для каждого культурного вида по каждому морфологическому признаку были рассчитаны средние значения и стандартные отклонения, проанализированы значения максимума и минимума. Подавляющее большинство изученных признаков были высоко полиморфными. Наиболее широкий спектр изменчивости по комплексу морфологических признаков отмечен для *S. tuberosum ssp. andigenum*. На основании результатов факторного анализа 238 образцов семи культурных видов картофеля по комплексу морфологических признаков из всей совокупности образцов выделены две отдельные группы, включающие фенотипически сходные образцы (1) вида *S. juzepczukii* и (2) вида *S. curtilobum*, что указывает на отличие этих видов друг от друга и обособленность их от остальных культурных видов. Образцы *S. stenotomum*, *S. phureja*, *S. chaucha*, *S. tuberosum ssp. andigenum, S. tuberosum* ssp. *tuberosum* и *S. ajanhuiri* группировались вместе. Наиболее значимые для дифференциации образцов факторы можно интерпретировать как влияние характеристик побега и листовой пластинки растения, а также влияние характеристик венчика.

Изучение полиморфизма микросателлитных локусов проведено для 238 образцов семи культурных видов и 57 образцов диких видов. Проанализирован аллельный состав 19-ти nSSR-локусов и выявлена высокая степень полиморфизма всех изученных микросателлитов: значения индекса PIC варьировали от 0,51 до 0,86, а число аллелей варьировало от четырех до 19-ти на локус; в среднем выявлено 11,6 аллелей на локус. Среди выявленных 221 аллелей 19-ти nSSR-локусов выделены редкие и уникальные аллели, а также аллели, характерные только для близкородственных видов.

По результатам кластерного анализа аллельного состава 19-ти nSSR-локусов, проведенного методом Neighbor-Joining, выявлены следующие 4 генетические группы видов: (1) культурные диплоидные виды *S. stenotomum*, *S. phureja*, *S. ajanhuiri* и триплоидный вид *S. chaucha*; (2) тетраплоидный вид *S. tuberosum*, с двумя подгруппами, включающими все чилийские образцы *S. tuberosum ssp. tuberosum* и большую часть андийских образцов *S. tuberosum ssp. andigenum*, (3) культурные виды *S. curtilobum*, *S. juzepczukii* с дикими видами серии *Acaulia* и (4) дикорастущие виды серии *Tuberosa*. Высокие значения бутстреп оценки (≥70%) поддерживают выделение видов *S. curtilobum* и *S. juzepczukii* из всей совокупности остальных культурных видов картофеля. Результаты SSR анализа совпадают с основными фенотипическими группировками, выделенными по результатам фенетического анализа. Результаты наших исследований близки к результатам Д. Спунера с соавторами [9, 12], однако нам не удалось отделить вид *S. ajanhuiri* от других культурных видов.

Таким образом, результаты оценки изменчивости морфологичекских признаков и анализа

полиморфизма nSSR последовательностей образцов экспериментальной выборки указывают на обособленность двух видов *S. juzepczukii* и *S. curtilobum* от остальных культурных видов, а также подтверждают мнение С. М. Букасова, 1933 [1] и Дж. Хокса, 1962 [7] о гибридогенном происхождении этих видов с участием дикого вида *S. acaule*. Полученные результаты дополняют литературные данные Д. Спунера с соавторами [9, 12] и указывают на необходимость пересмотра существующих систематических построений культурных видов картофеля.

Работа выполнена при поддержке МНТЦ, грант 3329.

Литература

1. *Букасов С. М.* Картофели Южной Америки и их селекционное использование. Л., 1933 Т. 58. С. 1–192.
2. *Букасов С. М.* Принципы систематики картофеля // Тр. по прикл. бот. ген. и сел. 1978. Т. 62. Вып. 1. С. 3–35.
3. *Юзепчук С. В., Букасов С. М.* К вопросу о происхождении картофеля // Тр. Всес. съезда по ген. сел. и семен. 1929. Т. 3. С. 593–611.
4. *Dodds K. S.* Classification of cultivated potatoes // The Potato and its Wild Relatives (D. S. Correll, Ed.). Texas Research Foundation, Renner, Texas. 1962. P. 517–539.
5. *Feingold S., Lloyd J., Norero N., Bonierbale M., Lorenzen J.* Mapping and characterization of new EST-derived microsatellites for potato (*Solanum tuberosum* L.) // Theor. Appl. Gen. 2005. V. 111. P. 456–466.
6. *Ghislain M., Spooner D. M., Rodríguez F., Villamon F., Nuñez J., Vásquez C., Waugh R., Bonierbale M.* Selection of highly informative and user-friendly microsatellites (SSRs) for genotyping of cultivated potato // Theor. Appl. Gen. 2004. V. 108 P. 881–890.
7. *Hawkes J. G* The origin *of Solanum juzepczukii Buk. and S. curtilobum* Juz. et Buk. // Zeit Pflanzenz 1962. V. 47. P. 1–14.
8. *Hawkes J. G* The Potato: Evolution, Biodiversity and Genetic Resources. Washington, DC: Belhaven Press., 1990. 259 p.
9. *Huaman Z., Spooner D. M.* Reclassification of landrace populations of cultivated potatoes (*Solanum* sect. *Petota*) // Amer. J. Bot. 2002. V. 89. P. 947–965.
10. *Milbourne D., Meyer R. C., Collins A. J., Ramsay L. D., Gebhardt C., Waugh R.* Isolation, characterization and mapping of simple sequence repeat loci in potato // Mol. Gen. 1998. V. 259. P. 233–245.
11. *Ochoa C.* The potatoes of Bolivia. South America. Cambridge University Press. 1990. 525 p.
12. *Spooner D. M., Núñez J., Trujillo G, del Rosario Herrera M., Guzmán F., Ghislain M.* Extensive simple sequence repeat genotyping of potato landraces supports a major reevaluation of their gene pool structure and classification // Proc. Natl. Acad. Sci. USA, 2007. V. 104. P. 19398–19403.

МОНИТОРИНГ ДИПЛОИДНЫХ ВИДОВ ПШЕНИЦЫ И ПРОБЛЕМЫ АУТЕНТИЧНОСТИ ЛОКАЛЬНЫХ КОЛЛЕКЦИЙ

Н. П. Гончаров[1], К. А. Головнина[1], А. С. Шатурова[2], Ф. А. Коновалов[2], О. А. Ляпунова[3], Т. В. Лебедева[3], Б. В. Ригин[3]

[1]Институт цитологии и генетики СО РАН, г. Новосибирск, Россия, e-mail: gonch@bionet.nsc.ru

[2]Институт общей генетики им. Н. И. Вавилова РАН, Москва, Россия

[3]Государственный научный центр РФ Всероссийский научно-исследовательский институт растениеводства им. Н. И. Вавилова РАСХН, Санкт-Петербург, Россия

Резюме

Особенности таксономического разнообразия многовидовых группировок оказываются весьма информативными для оценки степени сохранности генофондов. Характер коллекций и их аутентичность существенно влияют на получаемые результаты.

MONITORING DIPLOID WHEAT SPECIES AND PROBLEMS OF AUTENTICITY OF LOCAL GERMPLASM COLLECTIONS

N. P. Goncharov[1], K. A. Golovnina[1], A. S. Shaturova[2], F. A. Konovalov[2], O. A. Lyapunova[3], T. V. Lebedeva[3], B. V. Rigin[3]

[1]Institute of Cytology and Genetics, SB RAN, Novosibirsk, Russia, e-mail: gonch@bionet.nsc.ru

[2]N. I. Vavilov Institute of General Genetics RAS, Moscow, Russia

[3]State Scientific Centre N. I. Vavilov All-Russian Research Institute of Plant Industry of RAAS, St. Petersburg, Russia

Abstract

Peculiarity taxonomic diversity of multispecific groupings appears rather informative for an estimation of a degree of gene pool preservation. Character of collections and their authenticity essentially influence on received results.

Важнейшей характеристикой любой биологической системы, отражающей ее сложность и структурированность, является разнообразие, которое может быть оценено на молекулярно-генетическом, популяционном, таксономическом и ценотическом уровнях. При этом что и как оценивается и насколько выборка репрезентативна – одни из основных вопросов в таких работах. Проблема мониторинга и оценки биоразнообразия у возделываемых видов растений теснейшим образом связана с тщательностью разработанности классификаций и аутентичностью их коллекций.

Хорошо известно, что у возделываемых растений существует достаточно много таксонов, не представленных в дикой природе. Следует отметить, что таксономия сельскохозяйственных культур, в том числе и пшениц, никогда не соответствовала тем процессам, которые происходят в дикой природе [8]. Даже попытка Н. И. Вавилова [2] включить эколого-агрономические моменты в таксономию к успеху не привела.

Диплоидные виды рода *Triticum* L. являются его наиболее древними представителями и характеризуются наличием генома A, который позднее был унаследован всеми без исключения полиплоидами. Долгое время род *Triticum* исследователи рассматривали как гибридный, группирующийся вокруг кластера этого генома [8]. Виды с геномом A проявляют параллельную, но нерезкую дифференциацию. Кариологически представители *T. monococcum* L. и *T. urartu* Thum. ex Gandil. не слишком отличаются друг от друга [15], дифференциальная окраска хромосом также не позволила дифференцировать геномы диплоидных видов из-за их сходства [1]. В последнее время появляется все больше молекулярно-генетических исследований, подтверждающих такую информацию [16, 18, 19]. Однако между диплоидными видами существуют барьеры стерильности [17]. Показано, что в качестве материнской формы *T. urartu* не скрещивается с видами *T. monococcum* и *T. boeoticum* Boiss., в то время как два последних вида при скрещивании между собой дают фертильные потомства при любом направлении скрещивания. Геном A всех диплоидных пшениц отличается от такового генома всех полиплоидных видов и является родственным диплоидным эгилопсам. Это послужило основанием для попыток выделения диплоидных пшениц в самостоятельный род [21].

Проведение мониторинга включает в себя оценку динамики биоразнообразия. В данной работе подводятся некоторые итоги комплексного исследования разнообразия локальной коллекции диплоидных видов (термин «локальные коллекции» см. Pearce D., Moran D. [20]). При этом одним из вопросов исследования является проблема видовой аутентичности образцов. В качестве объектов были изучены три диплоидных вида: два диких – *T. boeoticum* и *T. urartu* и один культивируемый – *T. monococcum*. Данная группа видов представляет чрезвычайно удобную модель для изучения самых различных теоретических вопросов, так как в настоящее время ее генофонд «изолирован» от других видов рода эффективными барьерами нескрещиваемости. Особое внимание в исследовании уделялось выяснению механизмов сохранения разнообразия и исследованию его ответов на воздействие

естественных и антропогенных факторов. К факторам воздействия на дикие виды относят фрагментацию природных местообитаний, для возделываемых – объем репродуцируемых образцов и репрезентативность их коллекций. На основании полученных результатов определяли информативность конкретных показателей разнообразия и их пригодность для оценки биоразнообразия группы близких видов при проведении их мониторинга.

Доместицируя растения, человек менял их ритм развития и реакцию на изменения условий внешней среды. Из результатов, представленных в табл. 1, видим, что с окультуриванием у диплоидных видов увеличивается процент яровых форм. Не очень понятна ситуация с практически полным отсутствием таковых у вида *T. urartu* – донора генома А полиплоидных пшениц. Интересна группа полуозимых образцов *T. boeoticum* из Азербайджана Нахичевань (к-28239, к-28273, к-28280, к-28300) и Турции (к-18398), редко встречаемых в коллекции *T. monococcum*. Также интересно наличие на севере ареала *T. urartu* в Армении только озимых образцов.

Таблица 1. Число яровых и озимых образцов в выборке диплоидных видов пшеницы

Вид	Число изученных образцов	В том числе:			% яровых
		озимых	гетерогенных	яровых	
Triticum urartu	267	263	3	1	2
Triticum boeoticum	37	23	4	10	27
Triticum monococcum	284	147	3	134	47

Сравнительный анализ последовательностей промоторной области гена *VRN1*, обусловливающего яровой тип развития у диких и возделываемых диплоидных видов пшеницы проводили в рамках исследования нарушений, которые ведут к появлению у доместицированных видов хозяйственно значимого признака однолетности (яровости). Данный ген кодирует транскрипционный фактор, ответственный за инициацию цветения и переход от вегетативного развития растения к генеративному [11, 23]. На основе его изучения можно сделать заключение, что диплоидные виды *T. urartu*, *T. boeoticum* и *T. monococcum* имеют различные варианты последовательностей гена *VRN1*, причем данные варианты существуют во всех трех видах и не являются видоспецифичными, тогда как в А-геномах полиплоидных видов практически никакой гетерогенности не обнаружено, за исключением вариабельности в последовательности промотора гена *VRN1*, связанной с интенсивным отбором яровых растений в культуре. Вероятно, причины этого – относительно недавнее происхождение полиплоидных видов пшеницы и эффект «бутылочного горлышка», связанный с доместикацией потомств единичных растений пшениц [5].

Коллекция образцов *T. monococcum* была изучена по длине вегетационного периода в яровом посеве на полях Пушкинского филиала ВНИИР им. Н. И. Вавилова. Анализ позволил выявить возрастание «усреднения» выборки по признаку скороспелости и потерю в процессе возделывания позднеспелых фенотипов, наиболее характерных для диких видов (табл. 2).

Результаты изучения коллекции вида в гидропонной теплице показали, что у данного вида по сравнению с *T. boeoticum* длина вегетационного периода изменяется.

Таблица 2. Распределение образцов культурного вида пшеницы *T. monococcum* L. по продолжительности периода всходы – колошение, Пушкин, 1984–1985 гг.

Год испытания	Всего образцов	В том числе:									
		яровые (продолжительность, дни)								полу-озимые	Озимые
		42-46	47-52	53-58	59-64	65-70	71-76	77-82	107		
1984	101	3	34	46	5	3	3	3	-	-	4
1985	115	-	37	41	22	1	8	1	2	1	2

Оценим разнообразие диплоидных видов по такому показателю как восприимчивость к грибным заболеваниям. В таблице 3 представлено распределение образцов дикой и культурной однозернянок по степени поражения мучнистой росой *Blumeria graminis* DC. f. sp. *tritici* Golovin. Высокоустойчивыми к популяции этого гриба оказались образцы *T. monococcum* из Албании, Болгарии, Германии и Турции, восприимчивыми – из Азербайджана, Армении и Грузии. Среди 49 проанализированных образцов *T. boeoticum* соотношение устойчивых и умеренно устойчивых было 21 : 19. Из 13 образцов *T. urartu* только образцы из Армении и Ливана показали устойчивость, остальные были сильно восприимчивыми. Можно сделать вывод, что в связи с возделыванием устойчивость к данному патогену возрастает (табл. 3), в то время как, образцы неустойчивые к патогену из видового разнообразия элиминируются.

Таблица 3. Характеристика образцов дикой и культурной однозернянок по степени поражения мучнистой росой

Вид	Число образцов	Распределение по баллам поражения, %		
		0, 1	2, 2–3	3, 4
Triticum urartu	13	15,4	–	84,6
Triticum boeoticum	49	42,7	38,5	16,8
Triticum monococcum	100	65,0	12,0	23,0

В табл. 4 представлено распределение образцов дикой и культурной однозернянок по степени поражения бурой ржавчиной (*Puccinia recondita* Rob. ex Desm. f. sp. *tritici*). Наблюдается возрастание устойчивости у культурной однозернянки по сравнению с дикими видами. Кроме того, наблюдается малый процент устойчивых форм, что соответствует данным Н. А. Макаровой [9], полученным ею в результате анализа поражения образцов пшеницы бурой ржавчиной у исследуемых видов. В основном они характеризовались как умеренно восприимчивые и восприимчивые. Следует отметить, что процент образцов, неустойчивых к бурой ржавчине ниже, чем к мучнистой росе у всех изученных видов.

Таблица 4. Характеристика образцов дикой и культурной однозернянок по степени поражения бурой ржавчиной

Вид	Число образцов	Распределение по баллам поражения, %		
		0, 1	2, 2–3	3, 4
Triticum urartu	13	7,7	–	92,3
Triticum boeoticum	54	–	3,7	96,3
Triticum monococcum	86	18,6	24,2	57,2

Проведенные исследования выявили невысокое разнообразие образцов в основных местах их сбора. В этой связи определенный интерес вызывает долговременный мониторинг разнообразия, в том числе определение аутентичности представленных в разных коллекциях диплоидных образцов. В качестве курьеза мониторинга можно привести работу O. Dobrovolskaya et al. [13], в которой приведены результаты определения аутентичности четырех номеров *T. sinskajae* A. Filat. et Kurk. из коллекции генбанка в Гатерслебене (Германия), которые представляют собой один и тот же образец из коллекции ВИР, полученный генбанком несколько раз в разное время. По результатам выявленной среди образцов неаутентичности авторами почему-то делается вывод о ненадлежащем ведении коллекции в генбанке Санкт-Петербурга.

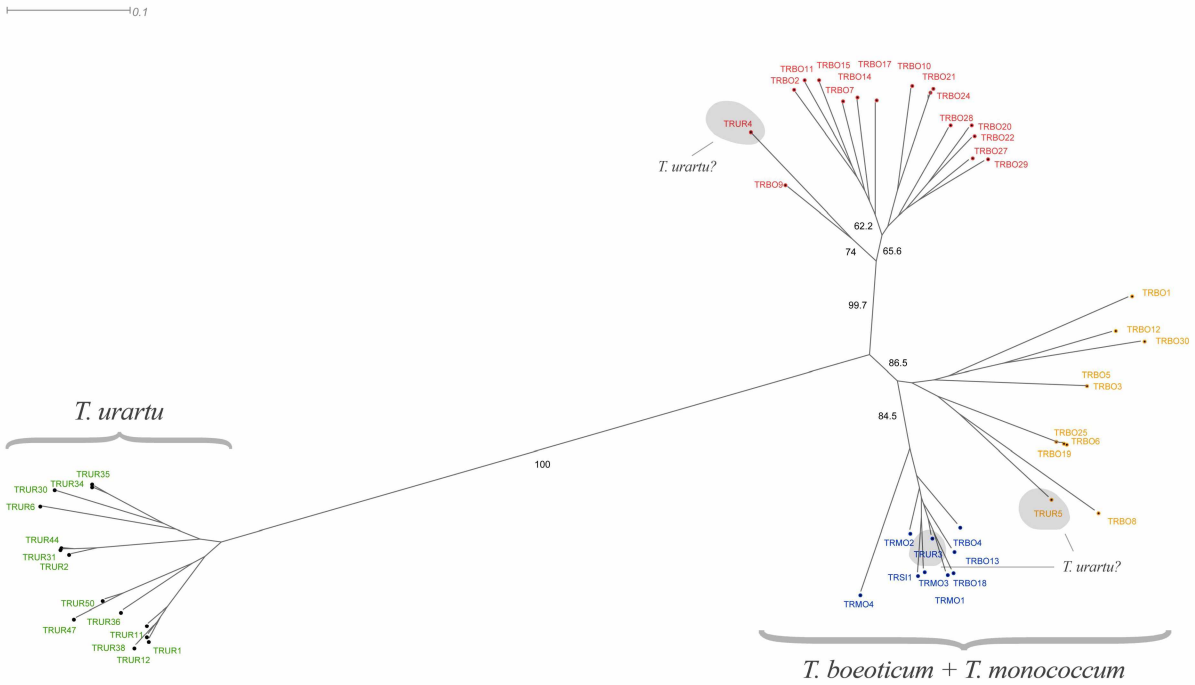
Морфологически три диплоидных вида – *T. monococcum, T. boeoticum* и *T. urartu* – имеют много общего [14] и часто некорректно определяются в исследованиях, поэтому в данной работе были выполнены поиск и оценка видоспецифичных морфологических маркеров и изучено их наследование [4].

Согласно классификации рода *Triticum*, разработанной в ВИРе, *T. urartu* Thum. ex Gandil

имеет статус вида [7]. Ранее таким формам неоднократно меняли статус и название: *T. armeniacum* Thum. ex Flaksb., *T. monococcum* subsp. *urartu* (Thum.) A. et D. Love, *T. boeoticum* subsp. *urartu* (Thum.) Dorof. Вид *T. boeoticum* Boiss. включает два подвида: subsp. *boeoticum* – колоски одноостные и subsp. *thaoudar* – двуостные. Основное отличие *T. urartu* от *T. boeoticum* subsp. *thaoudar* – это бархатистое опушение листовых пластинок и влагалища у первых и щетинистое опушение у вторых.

На рисунке представлена дендрограмма диплоидных пшениц, построенная на основе анализа сайтов встраивания ретротранспозона BARE-1. Всего 249 бинарных маркеров. Указаны значения коэффициента достоверности (бутстрепа), исходя из анализа 10 000 реплик. При этом три образца *T. urartu* (TRUR3, TRUR4 и TRUR5) попадают в группу *T. boeoticum*.

Вероятно, при наличии фенотипа *T. urartu* они либо были неверно идентифицированы, либо данные представленного анализа не позволяют четко разделить два диплоидных вида, указывая на случай смешанной популяции. Это вызывает дополнительные проблемы с аутентичностью диплоидных пшениц, в том числе и проблемы сохранения вида в коллекциях. Интересно, что все они были нами идентифицированы как яровые, что нетипично для вида *T. urartu*. Кроме того, в коллекции USDA при использовании данного метода нами выявлен ряд дублетных образцов.



Дендрограмма, построенная методом соединения ближайших соседей (NJ), с использованием метода оценки генетических расстояний Дайса, на основе данных SSAP-анализа ДНК диплоидных пшениц по сайтам встраивания ретротранспозона BARE-1

Молекулярные исследования и сравнение непосредственно нуклеотидных последовательностей геномов может дать возможность для более детального и точного определения происхождения и эволюции А-генома пшениц. В последнее время в работах по филогенетическому анализу пшениц все более настойчиво появляется мысль о неучастии *T. boeoticum* (если этот вид действительно отделяется от *T. urartu* и является самостоятельным) в становлении видов секции *Timopheevii* [16, 18, 19]. Выявлено, что только образцы *T. urartu* имеют вариант генома, подобный А-геномам полиплоидных видов [4, 16].

Видовое разнообразие – это только один из уровней, на котором исследователи фокусируют внимание при изучении биоразнообразия. Дело в том, что виды состоят из многих особей и все эти особи отличаются друг от друга. Часть образцов *T. boeoticum* в

коллекциях генбанков «вторично одичавшие», т. е. произошли от нативных *T. boeoticum*, которые скрестились с возделывающейся рядом *T. monococcum* [25]. Восстановленный вид несет часть генофонда исходного дикого вида и часть доместицированного. Окультуренный вид подвергается процессу «бутылочного горлышка», когда в культуру было введено всего несколько образцов и все биоразнообразие, не связанное с хозяйственно-значимыми признаками, было сокращено. При этом резко увеличивается вариабельность по признакам, по которым велся отбор в культуре (см. табл. 1–-3).

На данный момент у пшеницы проклонировано три гена – *Q*, *VRN1* и *VRN2*, которые сыграли важную роль в развитии признаков, отличающих доместицированные виды пшеницы от их диких прародителей. Ген *Q* контролирует такие признаки, как ломкость колоса, голозерность–пленчатость, длину колосового стержня, высоту растения, скороспелость [22], а гены *VRN1* и *VRN2* контролируют яровость–озимость [12, 24]. Интересно, что все три гена (*Q*, *VRN1* и *VRN2*) кодируют транскрипционные факторы. Сравнительный анализ последовательностей этих генов диких и доместицированных видов пшеницы позволил выявить изменения, которые произошли в предковых последовательностях и привели к развитию тех или иных хозяйственно-значимых признаков. Для генов *Q* и *VRN2* эти изменения затрагивают белок-кодирующую область, для гена *VRN1* – промоторный район. При анализе промоторного района гена *VRN1* у диких и доместицированных пшениц был выявлен гораздо более высокий уровень полиморфизма у культурных форм и видов, чем у диких предковых форм. Это связано с закреплением в результате направленного отбора различных аллелей с нарушениями промоторного района, ведущих к яровому фенотипу. В то же время некорректная идентификация диких, культурных и «вторично одичавших» образцов затрудняет исследования наследования хозяйственно-значимых признаков и эволюционного «сценария» их происхождения.

Проблема видовой аутентичности образцов коллекций тесно связана с проблемой дробности классификаций, используемой в генбанках. В результате применения классификации Дж. МакКея при поддержании коллекций пшениц в ряде зарубежных генбанков возникли проблемы с аутентичностью сохраняемых образцов и со временем ситуация только ухудшается. Причем проблемы возникают даже не из-за применения сложных и дорогостоящих молекулярно-биологических методов для идентификации видов, а из-за использования неаутентичных образцов в качестве типов при проведении таких работ. В применяющих эту классификацию генбанках в настоящее время персонал не в состоянии следить за «чистотой» видов не в силу низкой профессиональной подготовки, а из-за неиспользования приемлемых критериев для проведения внутривидовой идентификации образцов. Только тщательно разработанные классификации позволяют с легкостью эффективно идентифицировать хранящийся и репродуцируемый в генбанках материал. Как справедливо замечал А. Л. Тахтаджян [10], «чем информативнее данная система классификации, тем полезнее она в научном и практическом отношениях». Следовательно, неразработанные тщательно классификации вредны для всех видов исследований, в том числе и для проведения мониторинга.

Работа частично финансировалась по Программам Президиума РАН № 25 подпрограммы II “Проблемы эволюции биосферы” и «Биоразнообразие и динамика генофондов».

Литература

1. *Бадаева Е. Д.* Эволюция геномов пшениц и их дикорастущих сородичей: молекулярно-цитогенетическое исследование: Автореф. дисдс. ... д-ра биол. наук. М.: ИМБ, 2000. 48 с.
2. *Вавилов Н. И.* К познанию мягких пшениц: (Системат.-геогр. очерк) // Тр. по прикл. бот., ген. и сел. 1922/1923. Т. 13, № 1. С. 149–257.
3. *Вавилов Н. И.* Мировые ресурсы сортов хлебных злаков. Пшеница. М.-Л., 1964. 124 с.
4. *Головнина К. А., Кондратенко Е. Я., Блинов А. Г, Гончаров Н. П.* Филогения А-геномов диких и возделываемых видов пшениц // Генетика. 2009. Т. 45, № 11.
5. *Гончаров Н. П., Глушков С. А., Шумный В. К.* Доместикация злаков Старого Света: поиск новых

подходов для решения старой проблемы // Журн. общ. биол. 2007а. Т. 68, № 2. С.125–147.
6. *Гончаров Н. П., Кондратенко Е. Я., Банникова С. В., Коновалов А. А., Головнина К. А.* Сравнительно-генетический анализ голозерной диплоидной пшеницы *Triticum sinskajae* и ее исходной формы *T. monococcum* // Генетика. 2007б. Т. 43, № 11. С. 1491–1500.
7. *Культурная флора СССР*. Т. I. Пшеница // Под ред. В. Ф. Дорофеева, О. Н. Коровиной. Л.: Колос, 1979. 348 с.
8. *Мак Кей Дж.* Род *Triticum* и его систематика // Вавиловское наследие в современной биологии. М.: Наука, 1989. С. 170–185.
9. *Макарова Н. А.* Каталог мировой коллекции ВИР. Пшеница (Иммунологическая характеристика редких видов) // Под ред. И. Г. Одинцовой. СПб., 1993. Вып. 640. 61 с.
10. *Тахтаджян А. Л.* Система и филогения цветковых растений. М.- Л.: Наука, 1966. 38 с.
11. *Cockram J., Mackay I. J., O'Sullivan D. M* The role of double-stranded break repair in the creation of phenotypic diversity at cereal *VRN1* loci // Genetics. 2007. V. 177. P. 2535–2539
12. *Danyluk J., Kane N. A., Breton G, Limin A. E., Fowler D. B., Sarhan F* TaVRT-1, a putative transcription factor associated with vegetative to reproductive transition in cereals // Plant Physiol. 2003. V. 132. P. 1849–1860.
13. *Dobrovolskaya O., Saleh U., Malysheva-Otto L., Röder M S., Börner A.* Rationalising germplasm collections: a case study for wheat // Theor. Appl. Gen. 2005. V.111(7). P. 1322–1329.
14. *Filatenko A., Grau M, Knopffer H., Hammer K.* Discriminating characters of diploid wheat species // Proceed. 4th Intern. Triticeae Symp. Sept. 10–12. Cordoba, Spain, 2002. P. 153–156.
15. *Giorgi B., Bozzini A.* Kriotype analysis in *Triticum*. IV. Analysis of (*Ae. Speltoides, T boeoticum*) amphiploid and a hypothesis on the evolution of tetraploid wheats // Caryologia. 1969. V. 22. P. 289–306.
16. *Goncharov N. P., Golovnina K. A., Kilian B., Glushkov S., Blinov A., Shumny V K.* Evolutionary history of wheats – the main cereal of mankind // Biosphere origin and evolution / Eds. N. Dobretsov et al. Berlin: Springer, 2008. Part IV. P. 407–419.
17. *Johnson B. L., Dhaliwal H. S.* Reproductive isolation of *Triticum boeoticum* and *Triticum urartu* and the origin of the tetraploid wheats // Amer. J. Bot. 1976. V. 63. № 8. P. 1088–1094.
18. *Kilian B., Ozkan H., Deusch O., Effgen S., Brandolini A., Kohl J., Martin W., Salamini F* Independent wheat B- and G-genome origins in outcrossing *Aegilops* progenitor haplotypes // Mol. Biol. Evol. 2007a. V.24. P. 217–227.
19. *Kilian B., Ozkan H., Walther A., Kohl J., Dagan T, Salamini F, Martin W.* Molecular diversity at 18 loci in 321 wild and 92 domesticate lines reveal no reduction of nucleotide diversity during *Triticum monococcum* (Einkorn) domestication: Implications for the origin of agriculture // Mol. Biol. Evol. 2007b. V. 24. P. 2657–2668.
20. *Pearce D., Moran D.* The economic value of biodiversity. L.: Earthscan Publications Ltd, 1994. 106 p.
21. *Philiptchenko Jur.* ber die sistematische Stellung des Einkorn-Weizens und nochmals ber die Entwicklung der Weizen // Z. Abstamm. Vererbungst. 1930. Bd. 54. S. 311–318.
22. *Simons K. J., Fellers J. P., Trick H. N., Zhang Z., Tai Y S., Gill B. S., Faris J. D.* Molecular characterization of the major wheat domestication gene Q // Genetics. 2006. V. 172, № 1. P. 547–555.
23. *Yan L., Loukoianov A., Tranquilli G, Helguera M, Fahima T, Dubcovsky J.* Positional cloning of the wheat vernalization gene *VRN1* // Proceed. Natl. Acad. Sci. USA, 2003. V. 100. P. 6263–6268.
24. *Yan L, Loukoianov A, Blechl A, Tranquilli G, Ramakrishna W, SanMiguel P, Bennetzen J. L., Echenique V, Dubcovsky J.* The wheat *VRN2* gene is a flowering repressor down-regulated by vernalization // Science. 2004. V. 303. P. 1640–1644.
25. *Zohary D., Hopf M.* Domestication of plants in the old world. Oxford, Clarendon Press. 1988

ДЕЯТЕЛЬНОСТЬ ГЕННЫХ БАНКОВ В ЦЕЛЯХ МОНИТОРИНГА И ПРЕДОТВРАЩЕНИЯ НАИБОЛЕЕ ОПАСНЫХ ПОСЛЕДСТВИЙ ГЕНЕТИЧЕСКОЙ ЭРОЗИИ

Н. И. Дзюбенко, Е. К. Потокина
Государственный научный центр РФ Всероссийский научно-исследовательский институт растениеводства им. Н. И. Вавилова РАСХН, Санкт-Петербург, Россия, e-mail: n.dzyubenko@vir.nw.ru; e.potokina@vir.nw.ru

Резюме

Генетическая эрозия, подразумевающая постоянное сокращение генетического разнообразия возделываемых культур, представляет собой наиболее серьезную угрозу для устойчивого развития сельского хозяйства. В настоящее время генные банки имеют возможность использовать методы молекулярного маркирования для мониторинга динамики разнообразия растительного генофонда, вовлеченного в селекционный процесс. В статье обсуждаются возможные приоритетные направления деятельности генбанков в целях предотвращения потери редких, ценных с точки зрения селекции аллелей.

ACTIVITIES OF GENE BANKS TO MONITOR AND PREVENT THE MOST SERIOUS CONSEQUENCES OF GENETIC EROSION

N. I. Dzyubenko, E. K. Potokina

State Scientific Centre N. I. Vavilov All-Russian Research Institute of Plant Industry of RAAS, St. Petersburg, Russia, e-mail: n.dzyubenko@vir.nw.ru; e.potokina@vir.nw.ru

Abstract

Genetic erosion meaning sequential declining of crop genetic diversity creates the most serious threat for the sustainable agriculture development. Nowadays gene banks have possibilities to employ molecular markers to monitor dynamics of the plant genetic diversity involved in the breeding process. In the paper we discuss the possible trends in gene bank activities aimed at preventing the loss of rare and valuable alleles.

Современное сельское хозяйство, основа существования и развития человеческого общества, зависит от возделывания небольшого числа высокопродуктивных видов растений, введенных в культуру около 10 тыс. лет назад [26]. В процессе одомашнивания, из всего огромного разнообразия дикорастущих растений, отбору подвергались только фенотипы, ценные с практической точки зрения. Со временем это привело к сужению генетического разнообразия возделываемых популяций. Современные селекционные сорта также создаются на основе скрещивания близких генотипов, и, как правило, без привлечения генетически более разнообразных, но менее продуктивных дикорастущих близкородственных форм. В результате сокращения генетической основы возделываемых сортов сельскохозяйственные культуры подвержены широкомасштабным эпидемиям. Острота проблемы проявилась в 1970 г. в США, когда в результате эпифитотии практически был сведен к нулю урожай кукурузы, так как все сорта были селектированы на содержание генетического фактора мужской стерильности, который оказался генетически сцепленным с восприимчивостью к возбудителю южного гельминтоспориоза [34].

Масштаб этой эпифитотии сделал очевидным тот факт, что генетическая эрозия, подразумевающая постоянное сокращение генетического разнообразия возделываемых культур, представляет собой наиболее серьезную угрозу для устойчивого развития сельского хозяйства [28]. В связи с этими событиями Национальная академия наук США настоятельно рекомендовала незамедлительно приступить к организации работ по сбору и сохранению генетического разнообразия культурных растений и их предковых форм, а также создала комитет, призванный оценить генетическую уязвимость важнейших сельскохозяйственных культур [32]. Выяснилось, что современные сорта многих культурных растений действительно имеют угрожающе однородную генетическую основу. Например, 96% всех возделываемых в США сортов гороха были созданы на материале всего 9 разновидностей [11]. Подавляющее большинство американских сортов твердой озимой пшеницы происходят от скрещивания двух образцов, импортированных из Польши и России [16]. Все разнообразие ярового ячменя Западной Европы определяется скрещиваниями между 18 базовыми генотипами [29]. Многочисленные подобные факты приводят к выводу о том, что селекция современных сортов, осуществляемая на базе ограниченного исходного генетического материала, неизбежно должна приводить к потере генетического разнообразия, другими словами – к генетической эрозии [11]. Насколько реальна угроза безвозвратной

потери генетического материала, и возможно ли систематизировать те общие для всех культур генетические изменения, которые сопровождают процесс трансформации дикорастущего вида в возделываемую культуру, набора местных сортопопуляций – в районированный сорт?

Феномен «бутылочного горла» селекции и его последствия

Генетические различия между генофондом дикорастущих и культурных видов формируются вследствие трех основных процессов человеческой деятельности. Именно с этими процессами связаны самые значительные потери генетического разнообразия на пути формирования культурного вида из дикорастущего предка [26].

1. Одомашнивание. Отбор человеком определенных растений дикорастущего вида в череде нескольких сотен поколений приводит к возникновению культурного вида. В каждом поколении к размножению допускаются только лучшие немногочисленные генотипы, что ведет к сокращению генетического разнообразия: формирующийся культурный вид проходит через «бутылочное горло» селекции («genetic bottleneck») [8]. Примечательно, что утрата аллельного разнообразия касается не всех генов в одинаковой степени. Для «нейтральных» генов, не имеющих отношения к селектируемому признаку, сокращение разнообразия аллелей не так выражено, оно зависит, в основном, от размеров популяции и длительности отбора. Однако, те гены, которые определяют селектируемый фенотип, под давлением отбора постепенно почти полностью утрачивают аллельное разнообразие [39]. Сравнивая полиморфизм нуклеотидной последовательности гена *tb1* (*Teosinte branched1*), контролирующего признак апикального доминирования, отличающего кукурузу от ее дикорастущего предка, у 17 генотипов кукурузы и 22 генотипов теосинте, Wang *et al.* [38] отметили, что утрата аллельного разнообразия по этому ключевому «гену одомашнивания» у кукурузы, по сравнению с диким предком, составила 61% в кодирующей части гена и 97% в его промоторном участке.

По результатам ряда работ, можно сделать вывод, что на этапе одомашнивания утрата генетического разнообразия является наиболее существенной. 50% разнообразия аллелей было утрачено местными азиатскими одомашненными формами сои (*Glycine max* (L.) Merr.), если сравнивать их с популяциями дикорастущего предка *Glycine soja* Sieb. & Zucc. [18]. По данным Buckler et al. [5] около 40% генетического разнообразия дикорастущих предковых форм было утрачено при выведении важнейших зерновых культур: кукурузы, сорго и риса.

2. Интродукция. Нескольким генотипам возделываемого вида, искусственно перенесенными человеком в новый регион, часто суждено стать прародителями этой культуры для целого континента. При этом следует ожидать резкого сокращения генетического разнообразия интродуцированной культуры, вследствие очевидного генетического «бутылочного горла». Однако, это случается не всегда. Например, от 17 азиатских образцов сои G. max ведут свое происхождение 86% всех сортов, выведенных в США в период с 1947 по 1988 гг., несмотря на то, что в коллециях генных банков хранится более 45 тыс. образцов местных форм азиатского происхождения, доступных селекционерам [15]. Вопреки ожиданиям, эти 17 образцов, названные северо-американскими прародителями сои (North American Ancestors), сохраняют более 80% всего генетического разнообразия, присущего самым разным образцам местных форм из Китая, Кореи и Японии. Таким образом, общая потеря генетического разнообразия при отборе этих 17 прародителей из всего многообразия местных сортов составила 20% и оказалась статистически недостоверной. Однако, существенная утрата все же была зафиксирована – были полностью утрачены почти все редкие аллели местного азиатского генофонда. Та же потеря редких аллелей была установлена при сравнении генофонда местных азиатских форм сои с элитными сортами США, при общем достоверном, но умеренном сокращении генетического разнообразия на 28% [18].

3. Селекция современных сортов. Современные сорта создаются, как правило, без привлечения местных форм или дикорастущих родичей. Перспектива вовлекать в селекционный процесс дикорастущий вид, который по всем параметрам урожайности в

несколько раз уступает возделываемым сортам, не является привлекательной для селекционера, даже если в будущем аллели, интрогрессированные от дикорастущего предка, способны спасти этот культурный вид от эпифитотий. Генетическая эрозия при селекции современных сортов на основе местных форм или стародавних сортов, безусловно, имеет место, о чем свидетельствуют опубликованные факты. Сокращение аллельного разнообразия зафиксировано для канадских сортов твердой краснозерной яровой пшеницы, выведенных в период с 1845 по 2004 гг. [14]. Потеря генетического разнообразия сообщалась для сортов пшеницы, выведенных в CIMMYT (Мексика), по результатам сравнения их с местными формами [27]. Установлено, что генетические различия по генам запасных белков – глиадинам – у местных и селекционных сортов яровых мягких пшениц, районированных с 1929 по 1960 гг. в Западной и Восточной Сибири, были нивелированы у современных сортов в ходе селекционного процесса [2].

Тем не менее, существует ряд свидетельств тому, что потеря генетического разнообразия при создании новых сортов не носит такого катастрофического масштаба, как это предполагалось ранее. Donini et al. [10], изучая временные закономерности изменения генетического разнообразия сортов пшениц Англии, пришли к выводу, что в результате селекции происходят скорее качественные, чем количественные изменения генетического разнообразия, то есть число аллелей остается неизменным, а изменяются частотные соотношения аллелей и варианты их сочетаний в отдельных генотипах. К такому же выводу пришли авторы исследования по вопросу о том, в какой степени процессы современной селекции европейских сортов озимой пшеницы ведут к потере генетического разнообразия [17]. Показано, что в результате селекции меняются аллели, представленные в генофонде, однако общее число аллелей, и, соответственно, показатели генетического разнообразия остаются неизменными.

Одним из факторов, создающих угрозу генетической эрозии, считается глобальное потепление климата, изменившее за последние 30 лет местообитания растительных сообществ [24]. Однако, как показали результаты Хлесткиной с соавт. [19], сравнившими генетическое разнообразие местных популяций ячменя, собранных с одних и тех же географических пунктов Австрии, Албании и Индии, но с интервалом в 40–50 лет, изменения являются скорее качественными, нежели количественными: одни аллели исчезают, другие появляются, но их общее число остается неизменным. К тем же выводам пришли и другие авторы, использовавшие для анализа процессов генетической эрозии методы молекулярного маркирования [7, 23, 29].

Из всего изложенного можно сделать следующий вывод. Генетическая эрозия представляет угрозу для устойчивого развития сельского хозяйства не столько вследствие сокращения генетического разнообразия, если рассматривать его как общее число аллелей, представленных в генофонде, сколько вследствие утраты редких, ценных аллелей, фенотипический эффект которых скрыт, и может проявиться только в результате работы селекционера.

Возможные направления деятельности генных банков для предотвращения генетической эрозии

Более 80 лет назад Н. И. Вавилов [1] впервые предложил использовать генетический потенциал дикорастущих родичей культурных растений для улучшения возделываемых сортов. Эта идея легла в основу создания генных банков – семенных коллекций форм, разновидностей и видов растений, близкородственных возделываемым культурам. На сегодняшний день, более 6 млн образцов хранятся в коллекциях ex situ по всему миру [12]. Роль этих коллекций для поддержания и сохранения генетических ресурсов растений неоценима, особенно если учесть, что многих форм, сохраняемых в коллекциях ex situ, уже невозможно обнаружить в природе [11].

В настоящее время генные банки имеют возможность использовать методы молекулярного маркирования для мониторинга глобальных процессов динамики разнообразия растительного генофонда, вовлеченного в селекционный процесс. Для

эффективного контроля процессов генетической эрозии и предотвращения потери ценного генетического материала, следующие направления деятельности генбанков могут обсуждаться в качестве приоритетных.

Согласно исследованиям, наибольшая потеря генетического разнообразия сопровождает этап введения в культуру, поэтому при недостаточном представительстве в коллекциях дикорастущих родичей велика угроза утраты ценных аллелей, не представлявших непосредственный интерес для наших далеких предков, но весьма актуальных в наши дни. В этой связи традиционная деятельность генбанков, направленная на сбор и сохранение дикорастущих родичей и предковых форм культурных растений, остается исключительно актуальной, также как и исследования, посвященные филогении и систематике культурных растений. Филогенетические исследования с привлечением арсенала современных методов молекулярного маркирования позволяют очертить круг наиболее близкородственных форм для культурных видов, а также оценить потенциальную возможность получения межвидовых гибридов.

В связи с интенсивным развитием методов молекулярного маркирования, помимо классических направлений деятельности, специалисты по генетическим ресурсам растений получили возможность изучать вопрос о том, какие именно гены контролируют наиболее существенные морфологические изменения, связанные с процессом введения в культуру. Поскольку большинство признаков одомашнивания имеют количественную природу, идентификация таких генов до сих пор в основном проводилась на основе картирования QTL (Quantitative Trait Loci) [6]. Семь клонированных генов одомашнивания («domestication genes») описаны в сводке Doebley et al. [9]. Почти все они изначально были идентифицированы в результате QTL анализа. Среди них ген *tb1* (*Teosinte branched1*), контролирующий апикальное доминирование у кукурузы [8]; ген *fw2.2*, идентифицированный как QTL, контролирующий 30% различий по массе плода у культурного томата и его дикорастущего предка [13]; ген *sh4* (*shattering4*), клонированный QTL риса, контролирующий формирование «отделительного слоя» между зерном и плодоножкой у разновидностей риса с неопадающими семенами [20].

Значение и перспективность исследований, связанных с поиском генов одомашнивания на основе картирования QTL, можно пояснить на примере работы Xiong et al. [40], анализировавших популяцию рекомбинантов от скрещивания культурного риса (*Oryza sativa* ssp. *indica*) и образца возможного дикорастущего предка риса (*O. rufipogon*). Известно, что дикий рис чувствителен к фотопериоду и его цветение значительно запаздывает по сравнению с культурными формами. Картируя QTL, контролирующие сроки зацветания в популяции потомков от скрещивания культурного вида и его дикорастущего предка, авторы зафиксировали четыре QTL, в совокупности объяснявших 67,5% изменчивости признака, и все они по своим позициям на генетической карте совпали с локусами, уже известными и ранее идентифицированными на скрещиваниях культурных форм друг с другом. Однако, был выявлен пятый QTL, который один объяснял 52% изменчивости, причем этот локус, ответственный за чувствительность риса к длине дня, был зарегистрирован впервые [25]. Ранее, при скрещивании культурных разновидностей риса между собой, этот локус выявить не удавалось, возможно, потому, что исключительно ценная с практической точки зрения аллель была утрачена при введении в культуру. Это подтверждает тезис, выдвинутый Tanksley и McCouch [32] в их фундаментальной статье о том, что часть ценных аллелей, преимущественно с умеренным и малым фенотипическим эффектом, были утеряны в процессе одомашнивания и последующей селекции. Таким образом, поиск и идентификация утраченных в процессе селекции аллелей среди генофонда дикорастущих родичей актуальны не только для предотвращения генетической эрозии, но и для совершенствования хозяйственно ценных признаков.

Хотя с методами картирования QTL, основанными на рекомбинационном анализе (linkage mapping), связаны многие реальные успехи генетики и селекции растений, в настоящий момент для растительных объектов все более широкое развитие получает и

другой метод генетического картирования QTL – анализ ассоциаций или неравновесия по сцеплению (association mapping) [22]. Оба подхода стремятся выявить достоверную связь между генетическими маркерами, сцепленно наследуемыми с искомым геном, и изменчивостью фенотипического признака. Однако, рекомбинационный анализ ведет поиск такой корреляции среди гибридного потомства от скрещивания двух родительских генотипов, и поэтому, его невозможно осуществить без длительного и трудоемкого процесса создания специальной «картирующей» популяции рекомбинантов. Преимуществом же анализа ассоциаций (неравновесия по сцеплению = англ. Linkage Disequilibrium) является то обстоятельство, что исследуется случайная выборка независимых генотипов (сортов, селекционных линий, дикорастущих форм), доступных из уже имеющихся коллекций. Генные банки, хранящие самые разнообразные коллекции растительных ресурсов, практически имеют все необходимое для успешного проведения такого анализа: огромный выбор генотипов, охарактеризованных многолетними полевыми испытаниями, данными о происхождении сортов, включенных в анализ. Располагая набором молекулярных маркеров, равномерно распределенных по геному, можно проанализировать их полиморфизм в репрезентативной выборке коллекционных образцов и сопоставить с вариацией изучаемого фенотипического признака. Например, для локализации гена, контролирующего устойчивость к патогену, можно выявить сцепленный с ним маркер, один из аллелей которого в репрезентативной выборке генотипов достоверно преобладает у устойчивых к патогену растений и почти не встречается среди поражаемых генотипов. Таким способом был идентифицирован, в том числе, ген *Dwarf8*, контролирующий переход к цветению у кукурузы [35].

Необходимость оптимизации коллекций генетических ресурсов, сохраняемых в генбанках, также широко обсуждается в литературе в связи с вопросами сохранения генетического разнообразия и предотвращения генетической эрозии [31, 37]. Высказывается мнение о том, что некоторые образцы коллекций дублируют друг друга, а перспективность других образцов невозможно оценить из-за отсутствия соответствующей информации [21, 36]. Это лишает селекционеров стимула и возможности включить в скрещивания генетически более разнообразный материал, повышая угрозу генетической эрозии и, одновременно, снижая эффективность селекционного процесса. Отчасти, проблема вызвана тем, что имеющаяся информация об образцах основана на фенотипической оценке. Использование молекулярных маркеров в генетико-селекционных исследованиях свидетельствует о том, что фенотип растения не является достоверным показателем его генетического потенциала [4, 33]. Применение для анализа генетического разнообразия коллекций методов молекулярного маркирования позволяет классифицировать образцы в соответствии с их коэффициентом генетической оригинальности, который отражает пропорцию редких и часто встречающихся аллелей в конкретном образце [3].Таким образом, можно выявить образцы, содержащие максимальное число редких аллелей, которые наиболее уязвимы с точки зрения генетической эрозии и представляют наибольший интерес для селекции. Экспериментальные исследования свидетельствуют о том, что аллели, которые могли бы ощутимо генетически усовершенствовать современные сорта, встречаются в коллекциях генетических ресурсов с очень низкой частотой [18]. Например, из 9153 образцов сои, проанализированных в поисках источника устойчивости к цистообразующей нематоде *Heterodera glycines* Ichinohe, были отобраны только 45 устойчивых образцов. Для выявления всего трех образцов, устойчивых к бурой стеблевой гнили сои, потребовалось проанализировать 2060 образцов местных форм [18]. Учитывая низкую частоту встречаемости ценных аллелей, мала вероятность добиться усовершенствования сортов, даже если расширить их генетическую базу за счет привлечения в скрещивания сотен местных форм, выбранных случайным образом. В литературе и электронных базах данных накоплена огромная информация о нуклеотидной последовательности генов, контролирующих важнейшие агрономические признаки. Поэтому одной из задач генных банков может быть «прицельный» поиск в коллекциях ex situ носителей не только уже

опубликованных, но и новых, еще неизвестных аллельных вариантов этих генов с помощью методов молекулярного маркирования, для последующего внедрения их в селекционный процесс.

Литература

1. *Вавилов Н. И.* Географическая изменчивость растений // Научное слово. 1928. № 1. С. 23–33.
2. *Николаев А. А.* Динамика разнообразия яровых мягких пшениц Западной и Восточной Сибири по глиадинкодирующим локусам за вековой период селекции // Автореф. дис. на соиск. уч. степ. канд. биол. наук. М., 2008. 24 с.
3. *Потокина Е. К., Александрова Т. Г.* Коэффициенты генетической оригинальности образцов коллекции вики посевной (*Vicia sativa* L.) по результатам молекулярного маркирования. Генетика. 2008. Т. 44, Вып. 11. С. 1508–1516.
4. *Bernacchi D., Beck-Bunn T., Emmatty D. et al.* Advanced backcross QTL analysis of tomato. II. Evaluation of near-isogenic lines carrying single-donor introgressions for desirable wild QTL-alleles derived from Lycopersicon hirsutum and L. pimpinellifolium // Theor. Appl. Gen. 1997. V. 97. P. 170–180.
5. *Buckler E. S., Thornsberry J. M., Kresovich S.* Molecular diversity, structure and domestication of grasses // Genetics Research. 2001. V. 77. P. 213–218.
6. *Burger J.,* Chapman *M., Burke J.* Molecular insights into the evolution of crop plants // American Journ. of Botany. 2008.V. 95. № 2. P. 113–122.
7. *Christiansen M. J., Andersen S. B., Ortiz R.* Diversity changes in an intensively bred wheat germplasm during the 20th century // Mol. Breed. 2002. V. 9. P. 1–11.
8. *Doebley J.* The genetics of maize evolution // Annu. Rev. Gen. 2004. V. 38. P. 37–59.
9. *Doebley J. F, Gaut B. S., Smith B. D.* The molecular genetics of crop domestication // Cell. 2006. V. 127. P. 1309–1321.
10. *Donini P, Law J. R., Koebner R. M. D. et al.* Temporal trends in the diversity of UK wheat // Theor. Appl. Gen. 2000. V. 100. P. 912–917.
11. *Esquinas-Alcazar J.* Protecting crop genetic diversity for food security: political, ethical and technical challenges // Nature Reviews Gen. 2005. V. 6. P. 946–953.
12. *FAO.* The state of the world's plant genetic resources for food and agriculture. <http://www.fao.org/WAICENT/FAOINFO/AGRICULT/AGP/AGPS/Pgrfa/pdf/swrfull.pdf> 1997.
13. *Frary A., Nesbitt T. C., Grandillo S. et al.* fw2.2: a quantitative trait locus key to the evolution of tomato fruit size // Sci. 2000. V. 289. P. 85–88.
14. *Fu Y. B., Peterson G W., Richards K. W. et al.* Allelic reduction and genetic shift in the Canadian hard red spring wheat germplasm released from 1845 to 2004 // Theor. Appl. Gen. 2005. V. 110. P. 1505–1516.
15. *Gizlice Z., Carter T. E., Burton J. W.* Genetic diversity in North American soybean // Crop Sci. 1994. V. 34. P. 1143–1151.
16. *Harlan J. R.* Gene centers and gene utilization in American agriculture / C. W. Yeatman, D. Kafton, G. Wilkes // Plant Genetic Resources: A Conservation Imperative AAAS Selected Symposium 87. Boulder: Westview Press, 1984. P. 111–129.
17. *Huang X., Wolf M., Ganal M. et al.* Did modern plant breeding lead to genetic erosion in european winter wheat varieties? // Crop Sci. 2007.V. 47. P. 343–349.
18. *Hyten D. L., Song Q., Zhu Y. et al.* Impacts of genetic bottlenecks on soybean genome diversity // Proceedings of the National Academy of Sciences USA. 2006. V. 103. P. 16666–16671.
19. *Khlestkina E., Varshney R. K., Röder M. et al.* A comparative assessment of genetic diversity in cultivated barley collected in different decades of the last century in Austria, Albania and India by using genomic and genic simple sequence repeat (SSR) markers // Plant Genetic Resources. 2006. V. 4. P. 125–133.
20. *Li C., Zhou A., Sang T.* Rice domestication by reducing shattering // Sci. 2006. V. 311. P. 1936–1939.
21. *Lund B., Ortiz R., Skovgaard I. M. et al.* Analysis of potential duplicates in barley genebank collections using re-sampling of micro-satellite data // Theor. Appl. Gen. 2003. V. 106. P. 1129–1138.
22. *Mackay I., Powell W.* Methods for linkage disequilibrium mapping in crops // Trends Plant Sci. 2006. V. 12. P. 57–63.
23. *Manifesto M. M., Schlatter A. R., Hopp H. E. et al.* Quantitative evaluation of genetic diversity in wheat germplasm using molecular markers // Crop Sci. 2001. V. 41. P. 682–690.
24. *Parmesan C., Yohe G A* globally coherent fingerprint of climate change impacts across natural systems //

Nature. 2003. V. 421. P. 37–42.
25. *Paterson A. H.* What has QTL mapping taught us about plant domestication? // The New Phytologist. 2002. V. 54. P. 592–608.
26. *Prada D.* Molecular population genetics and agronomic alleles in seed banks: searching for a needle in a haystack? // Journ. of Experimental Botany. 2009. V. 60. № 9. P. 2541–2552.
27. *Reif J. C., Zhang P., Dreisigacker S. et al.* Wheat genetic diversity trends during domestication and breeding // Theor. Appl. Gen. 2005. V. 110. P. 859–864.
28. *Rogers D.* Genetic erosion: no longer just an agricultural issue // Native Plants. Fall. 2004. P. 113–122.
29. *Roussel V., Koenig J., Beckert M., Balfourier F.* Molecular diversity in French bread wheat accessions related to temporal trends and breeding programmes // Theor. Appl. Gen. 2004. V. 108. P. 920–930.
30. *Russell J. R. et al.* A retrospective analysis of spring barley germplasm development from 'foundation genotypes' to currently successful cultivars // Molecular Breeding. 2000. V. 6. P. 553–568.
31. *Simianer H.* Use of molecular markers and other information for sampling germplasm to create an animal genebank // For the conservation of crop germplasm in FAO. The role of biotechnology for the characterisation and conservation of crop, forest, animal and fishery genetic resources in developing countries. Background Document to Conference 13 of the FAO Biotechnology Forum. 2005. http://www.fao.org/biotech/C13doc.htm.
32. *Tanksley S. D., McCouch S. R.* Seed banks and molecular maps: unlocking genetic potential from the wild // Sci. 1997. V. 22, № 277. P. 1063–1066.
33. *Tanksley S. D., Nelson J. C.* Advanced backcross QTL analysis: a method for the simultaneous discovery and transfer of valuable QTLs from unadapted germplasm into elite breeding lines // Theor. Appl. Gen. 1996. V. 92. P. 191–203.
34. *Tatum L. A.* The southern corn leaf blight epidemic // Sci. 1971. P. 1113–1116.
35. *Thornsberry J. M., Goodman M. M., Doebley J. et al. Dwarf8* polymorphisms associate with variation in flowering time // Nature Gen. 2001. V. 28. P. 286–289.
36. *Van Hintum T. J. L., Visser D. L.* Duplication within and between germplasm collections. II. Duplication in four European barley collections // Gen. Resour. Crop Evol. 1995. V. 42. P. 135–145.
37. *Virk P. S., Ford-Lloyd B. V., Jackson M. T.* The use of RAPD for the study of diversity within plant germplasm collections // Heredity. 1995. V. 74. P. 170–179.
38. *Wang R., Stec A., Hey J. et al.* The limits of selection during maize domestication // Nature. 1999. V. 398. P. 236–239.
39. *Wright S. I., Gaut B. S.* Molecular population genetics and the search for adaptive evolution in plants // Mol. Biol. Evol. 2005. V. 22. P. 506–519.
40. Xiong L., Liu K., Dai X. et al. Identification of genetic factors controlling domestication-related traits of rice using an F2 population of a cross between Oryza sativa and O. rufipogon // Theor. Appl. Gen. 1999. V. 98. P. 243–251.

AEGILOPS TAUSCHII COSS.: СОХРАНЕНИЕ И ИЗУЧЕНИЕГЕНЕТИЧЕСКОГО РАЗНООБРАЗИЯ

А. Ю. Дудников
Институт цитологии и генетики СО РАН, Новосибирск, Россия, e-mail: dudnikov@bionet.nsc.ru

Резюме

Ae. tauschii – наиболее важный диплоидный дикий родич мягкой пшеницы. Этот вид с древнейших времён населяет обширный ареал в Евразии. *Ae. tauschii* представлен большим числом небольших достаточно хорошо изолированных локальных популяций, относящихся к двум подвидам, существенно отличающимся генетически. Эти особенности *Ae. tauschii* делают необходимым создание единой международной генетической коллекции и генетической базы данных этого вида.

AEGILOPS TAUSCHII COSS.: CONSERVATION AND INVESTIGATION OF GENETIC VARIATION

A. Ju. Dudnikov
Institute of Cytology and Genetics, SB RAN, Novosibirsk, Russia, e-mail: dudnikov@bionet.nsc.ru

Abstract

Ae. tauschii is the most important wild diploid relative of common wheat. This species from ancient times inhabits a vast range in Eurasia being presented by many small fairly well isolated local populations belonging to two subspecies which considerably differ genetically. Such peculiarities of *Ae. tauschii* demand creation of joint international germplasm collection and genetic database.

Introduction

Aegilops tauschii Coss. (syn. *Aegilops squarrosa* auct. non L.) is the most important potential donor for the improvement of cultivated wheats [7]. This species is a valuable natural resource, a genetic one. Here approaches in *Ae. tauschii* studies which could make effective the investigation and utilisation of its genetic variation are considered.

Aegilops tauschii

What makes the species *Ae. tauschii* such an important one?

Ae. tauschii was the last of the three diploid species to donate its genome (DD) for the hexaploid species *Triticum aestivum* L. to origin. It happened recently from evolutionary point of view, about 8000 years ago [8]. The D-genome of *T. aestivum* remains practically the same as the genome of *Ae. tauschii*. Most of SSR genetic markers obtained from *T. aestivum* genome D "work" in *Ae. tauschii* and vice versa [5].

Ae. tauschii has a strikingly wide, for a diploid *Aegilops* species, range: from Turkey to Kirgizia [9].

This species is more than hundred times "older" than *T. aestivum*: *Ae. tauschii* inhabits its range for more than a million years. This time was enough for different *Ae. tauschii* populations became adopted to different environmental conditions through the vast geographic range [3, 10]. Therefore, great amount of adaptive genetic variation was accumulated in *Ae. Tauschii*.

Problems

A lot of scientific research work through the world is devoted to *Ae. tauschii*, but, in general, it is of low effectiveness. The reason for this is a set of problems which are common for many studies in *Ae. tauschii*. One of them is a problem of distinguishing between the two *Ae. tauschii* subspecies: ssp. *tauschii* and ssp. *strangulata*. These subspecies are considerably and distinctly differs genetically [1, 2, 4]: the genetic divergence between ssp. *tauschii* and ssp. *strangulata* was pointed out to be of interspecies level [6]. In contrast to genetic differentiation, morphological differences between subspecies *tauschii* and *strangulata* are not distinct. That is why researches often make mistakes in determination of subspecies attribution of *Ae. tauschii* accessions they work with. When *Ae. tauschii* accessions actually belonging to different subspecies are erroneously being join together in one group in the course of experimental data analysis, it leads to paradoxes and could considerably depreciate results of research work.

Ae. tauschii is represented well in the world germplasm collections but each single collection has some serious "gaps" at some parts of the species area. As a consequence, these "gaps" in *Ae. tauschii* geographic representation are found in research papers.

Since no international program of *Ae. tauschii* genetic researches exists, each researcher choose its own set of the species accessions from the world germplasm collection(s). And this, together with the usual mistakes in distinguishing of the two subspecies, leads to low ability to compare results obtained by different authors.

During the previous years a lot of important results were obtained on allozyme and RFLP variation in *Ae. tauschii*. These results could be very useful for comparative analysis together with

DNA sequences and SSR variation data but they were not saved in some database.

Some of the authors used their own personally collected original *Ae. tauschii* material for the studies. As a rule, after the end of investigations these material were not saved in any germplasm collection. Since genetic differentiation between *Ae. tauschii* local populations is very high [1], such a wastefulness could lead to the loss of rare alleles.

Germplasm collection and genetic database

To make effective the investigations of *Ae. tauschii* genetic variation, an international programme have to be organised on the base of one of the germplasm institutions.

First of all, at least about 300 *Ae. tauschii* accessions should be specially chosen from different germplasm collections in order to form a basic collection for international studies. This set of accessions have to represent well each of the two subspecies and all the species range. Only the accessions for which geographic points where they were collected are known have to be chosen.

Western and central parts of *Ae. tauschii* range are fairly well represented in VIR, St.-Petersburg, and Kyoto University collections, respectively. Eastern part of the range could be represented well if to combine VIR, St. Petersburg and IPK, Gatersleben, germplasm resources of the species. The basic collection could be further enriched incorporating original material obtained from the researches, with special attention to the accessions having rare alleles.

The usage of this basic collection should be organised according to international standards. The seed material is provided freely to the researches under the following conditions: not to use the material for commercial purposes, to cite the source of the plant material in research papers and to send the data obtained on the plant material to the institution from which this material was received. The last point leads to creation of joint genetic computer database for *Ae. tauschii*, and this database is the second half of the desirable international program. The genetic data obtained by the researches on *Ae. tauschii* accessions during the previous years should also be included when it is only possible. In the nearest future such a database will enable to carry out multivariate analysis of *Ae. tauschii* genetic variation through the species range. Comparative analysis of variation in different classes of genes and genetic markers is a powerful tool which will help to reveal how the evolution of *Ae. tauschii* has been going.

Conclusion

Despite the importance of *Ae. tauschii* studies in both theoretical and applied fields, we have no international program of these investigations. Nowadays *Ae. tauschii* studies are still carried on sporadically by separate groups of enthusiasts. As a result, unique genetic data and germplasm material is being lost. Different researches are trying time and again to solve the same very problems and make the same mistakes. International coordination of investigations and up-to-date approaches in treating both germplasm material and genetic data are necessary to make the studies of *Ae. tauschii* highly effective in general.

References

1. *Dudnikov A. Ju.* Allozyme variation in Transcaucasian populations of *Aegilops squarrosa* // Heredity. 1998. V. 80. P. 248 – 258.
2. *Dudnikov A. Ju.* Multivariate analysis of genetic variation in *Aegilops tauschii* from the world germplasm collection // Gen. Resour. and Crop Evol. 2000. V. 47. P. 185 – 190.
3. *Dudnikov A. Ju.* Searching for an effective conservation strategy of *Aegilops tauschii* genetic variation // Cereal Res. Commun. 2009. V. 37. P. 31 – 36.
4. *Dudnikov A. Ju., Kawahara T. Aegilops tauschii*: genetic variation in Iran // Gen. Resour. and Crop Evol. 2006. V. 53. P. 579 – 586.
5. *Guyomarc'h H., Sourdille P., Charmet G., Edwards K. J., Bernard M.* Characterization of polymorphic microsatellite markers from *Aegilops tauschii* and transferability to the D-genome of bread wheat // Theor. Appl. Gen. 2002. V. 104. P. 1164 – 1172.
6. *Jaaska V.* Aspartate aminotransferase and alcohol dehydrogenase enzymes: intraspecific differentiation in *Aegilops tauschii* and the origin of the D genome polyploids in the wheat group // Pl. Syst. Evol. 1981. V. 137. P. 259 – 273.

7. *Kimber G, Feldman M.* Wild Wheat. An Introduction // Special Report 353. College of Agriculture, University of Missouri, Columbia, MO, USA, 1987. P. 1 – 142.
8. *Porceddu E., Lafiandra D.* Origin and evolution of wheats // The origin and domestication of cnltivated plants, Symp., Rome, November 25 – 27, 1985. P. 143 – 178.
9. *van Slageren M. W.* Wild wheats: a monograph of *Aegilops* L. and *Amblyopyrum* (Jaub. & Spach) Eig (*Poaceae*) // Wageningen Agricultural University Papers. Wageningen, The Netherlands, 1994. P. 1 – 498.
10. *Zhukovsky P M.* A critical-systematical survey of the species of the genus *Aegilops* L. // Bull. Appl. Bot., Gen., Plant Breed. 1928. V. 18. P. 417 – 609. (in Russian).

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ МОЛЕКУЛЯРНЫХ ДНК-МАРКЕРОВ НА ОСНОВЕ ПЦР-ТЕХНОЛОГИИ В СЕЛЕКЦИИ КЛЕВЕРА ЛУГОВОГО

И. А. Клименко, Н. В. Разгуляева
Всероссийский научно-исследовательский институт кормов им. В. Р. Вильямса, Москва, Россия, e-mail: iaklimenko@mail.ru

Резюме

С использованием нескольких техник ПЦР-анализа проведено исследование полиморфизма ДНК, изучены возможности применения различных систем праймеров для сортовой идентификации и маркирования селекционно-ценных признаков клевера лугового.

USING OF PCR BASED DNA-MARKERS IN RED CLOVER BREEDING

I. A. Klimenko, N. V. Razgulayeva
All-Russian Williams Fodder Research Institute, Moscow, Russia, e-mail: iaklimenko@mail.ru

Abstract

The study investigated PCR based DNA fingerprinting in red clover populations using RAPDs, STS and SSR primers. The possibilities of their applying for red clover cultivar identification and agronomical important traits marking were studied.

Введение

Клевер луговой – ценная кормовая культура Нечерноземной зоны России. В настоящее время усилиями селекционеров создано более 80 сортов этого вида, возделываемых на территории нашей страны. Однако возрастающие требования современного кормопроизводства выдвигают перед селекцией задачи создания новых пластичных высокоурожайных форм и сортов, устойчивых к болезням и вредителям, с высокими адаптивными характеристиками для разных регионов и климатических условий.

Важный фактор повышения эффективности селекционного процесса – наличие информации о структуре, функции и эволюции генома, о закономерностях изменчивости, о характере наследования и экспрессии генов. Источником такой информации является использование методов молекулярного анализа, основанных на изучении полиморфизма ДНК. С помощью ДНК-типирования можно получить индивидуальную характеристику отдельного генотипа – ДНК-профиль, а значит, быстро и с высокой точностью проводить отбор, надежно идентифицировать ценные генотипы и формировать оптимальный генотипический состав сорта с учетом предъявляемых к нему требований. Перспективность использования ДНК-технологий в селекции в последние годы стала очевидной, так как они, в конечном итоге, способствуют ускорению селекционного процесса и снижению влияния внешней среды на условия отбора. Известно, что эффективность и корректность применения молекулярных маркерных технологий зависит от степени обоснованности их надежности и адекватности решаемым задачам. Для каждой методики характерны определенные

преимущества и недостатки, они отличаются по сложности и объему получаемой информации, что обусловливает применение их в соответствии с целью работы и особенностями изучаемой культуры.

Что касается кормовых культур, прочные позиции в исследовании их геномов завоевала маркерная система, основанная на ПЦР-технологии с применением RAPD-праймеров. Основные достоинства этой техники (простота и доступность исполнения, экономичность, возможность маркировать несколько локусов одновременно по всему геному и регистрировать различия между генами близкородственных организмов) сделали ее привлекательной для сортовой идентификации и маркирования видов и сортов различных сельскохозяйственных культур, для анализа генетической структуры популяций. Применение этой технологии оправдано при анализе культур с определенными трудностями выделения высококачественной ДНК. Такие трудности мы наблюдали в наших исследованиях на клевере луговом, где присутствие большого количества примесей ингибировало протекание полимеразной цепной реакции, и поэтому для других, более точных и информативных методов ПЦР-анализа требовалось применение дополнительных процедур по очистке ДНК или использование дорогостоящих коммерческих наборов для ДНК-экстракции. Однако доминантная природа RAPD-маркеров, а также недостаточный уровень выявляемого полиморфизма и низкая воспроизводимость результатов ограничивают области применения этой маркерной техники.

Так, для маркирования селекционно-ценных признаков в последние 10 – 15 лет широко применяются разновидности ПЦР, с помощью которых удается преодолеть существующие недостатки RAPD-анализа. Эти методики относят к категории «целенаправленной» ПЦР, так как амплификации подвергают определенные, заранее выбранные последовательности генома. Одной из них является анализ с помощью пары длинных (20 – 27 нуклеотидов) специфических STS-праймеров. Полиморфизм обычно детектируется по наличию и молекулярной массе продукта амплификации. Поскольку эта методика предполагает использование праймеров, гомологичных к заданным специфическим областям генома, то природа изучаемого фрагмента, как правило, известна. Анализ в этом случае лишен той неопределенности и неточности информации, которая присуща RAPD-технике. Основной недостаток метода – необходимость существенных вложений для проектировки и создания высокоинформативных праймеров, так как требуется предварительная информация о последовательности нуклеотидов (сиквенс) исследуемого фрагмента. Однако в последние годы удается преодолеть эти препятствия путем переноса информации, полученной из баз данных, о других, близкородственных культурах и осуществлять анализ на основе уже разработанных праймеров при маркировании генов, ответственных за проявление тех или иных признаков. Такой подход мы применяли в своей работе, тестируя популяции клевера лугового с помощью STS-праймеров, созданных ранее для люцерны [6].

Среди модификаций «целенаправленной» ПЦР на сегодняшний день чаще других используется метод микросателлитной ДНК. Микросателлиты, или SSRs, разрабатывают на основе коротких (1 – 8 нуклеотидов), тандемно повторяющихся последовательностей, которые встречаются по всему ядерному геному эукариот. Это высокоинформативные генетические маркеры, так как обычно они мультиаллельны и обладают высокой гетерозиготностью (часто более 70%). К достоинствам можно отнести кодоминантность этих маркеров, а также высокую производительность и воспроизводимость метода. Такие характеристики делают эту технику незаменимой при анализе культур с большим размером генома, при картировании и маркировании экономически важных признаков. В наших исследованиях применение SSR-метода обусловлено особенностями изучаемой культуры. Так, перекрестноопыляемая репродуктивная система клевера лугового (*Trifolium pratense* L.) обеспечивает высокий уровень внутрипопуляционной и межпопуляционной изменчивости. Из-за высокой гетерозиготности индивидуальных генотипов можно наблюдать сегрегацию до четырех различных аллелей на один локус в результате скрещивания. Следовательно, для мониторинга наследственности множественных аллелей необходимы мультиаллельные

кодоминантные генетические маркеры, и наилучшим образом этим критериям отвечают маркеры, полученные при использовании SSR-метода.

В лаборатории геномного анализа ВНИИ кормов проводятся исследования по изучению ДНК-полиморфизма, выявлению молекулярных маркеров хозяйственно ценных признаков и разработке способов применения полученных ДНК-маркеров в селекции клевера лугового. Работа проводилась как часть российско-японского проекта между ВНИИ кормов и Хоккайдским Национальным Центром сельскохозяйственных исследований (NARCH) по маркированию селекционно-ценных признаков клевера лугового. Результатом работы в совместном проекте стало получение первой генетической карты клевера лугового с использованием 157 RFLP-маркеров кДНК [5].

В этом исследовании мы оценили потенциальные возможности RAPD, STS и SSR-маркерных систем, основанных на ПЦР-технологии, по их способности выявлять генетический полиморфизм в популяциях клевера лугового, быть полезным инструментом при сортовой идентификации, картировании генома клевера и ДНК-маркировании селекционно-ценных признаков.

Материалы и методы

Растительный материал. В качестве объекта исследований были использованы гибридные популяции клевера лугового, созданные в отделе генофонда ВНИИ кормов и совместная российско-японская популяция. Популяции ГП-27 и ГР1 были получены на основе скрещивания форм с альтернативным выражением основных биологических и хозяйственноценных признаков и свойств. Популяция HR×R130 создана путем скрещивания формы HR (потомка японского сорта Hokuseki и швейцарского сорта Renova) и R130 (потомка российской картируемой популяции ГП-27). Эту популяцию использовали в исследованиях по разработке насыщенной микросателлитной карты клевера лугового [8].

ДНК-экстракция. ДНК для исследований выделяли из листовой ткани растений клевера лугового методом Эдвардса [3], с модификациями. Для образцов, показавших неудовлетворительную амплификацию, проводили повторную ДНК-экстракцию с помощью коммерческого набора DNeasy miniKIT (QIAGEN, Hilden, Germany).

RAPD- праймеры. Для выявления ДНК-полиморфизма в экспериментальных популяциях и идентификации сортовой принадлежности партий семян клевера лугового протестированы 75 рандомных праймеров (10-и 11-мерных), произведенных в фирме «Operon Technologies». Амплификацию проводили в термоциклере «AMPLY-4L» («Biocom», Россия) по стандартной методике [9], с некоторыми модификациями. Объем реакции составлял 20 мкл, программа включала 40 циклов с температурой отжига праймеров 37,5°С. RAPD-фрагменты разделяли методом электрофореза в 1,4%-ном агарозном геле, длину полученных продуктов определяли с помощью маркера молекулярной массы (100bp DNA Ladder) от фирмы «Pharmacia» (USA).

STS-праймеры. С целью определения информативности STS-праймеров на предмет выявления полиморфизма ДНК и изучения возможности использования их для маркирования селекционно-ценных признаков, в том числе устойчивости к болезням, с их участием проведен ПЦР-анализ экспериментальных популяций клевера лугового. Праймеры (11 пар) отобраны по данным источников литературы [6] и депонированы в базе данных GenBank [4] как кандидаты генов устойчивости к болезням люцерны. Для амплификации использовали программируемый термоциклер «Perkin Elmer» (USA). Объем и состав смеси для реакции были аналогичны применяемым в RAPD-анализе, температуру отжига подбирали индивидуально для каждой пары праймеров. Значения ее варьировали от 45 до 50°С.

SSR-праймеры. В процессе исследований мы использовали базы данных и набор SSR-праймеров, разработанных и любезно предоставленных нам лабораторией изучения растительного генома Института ДНК исследований (Kazusa DNA Research Institute, Japan).

Из коллекции SSR-праймеров, предварительно использованных для картирования популяции HR×R130 [2], мы протестировали 37 пар для анализа родственной гибридной популяции от скрещивания контрастных по устойчивости к склеротиниозу потомков картируемой популяции. Некоторые из испытанных праймеров являются маркерами в

определенных группах сцепления на интегрированной генетической карте клевера лугового. Целью исследований было проследить характер наследования признака устойчивости к раку клевера в потомстве. Амплификацию проводили в термоциклере «Perkin Elmer» (USA) с использованием реакционной смеси объемом в 14 мкл при следующих временных и температурных параметрах программы: 94°С в течение 3 мин – 1 цикл, затем 3 цикла с чередованием температур 94°С – 30 с и 68°С – 30 с; снова 3 цикла по 30 с при температуре 94° и 66°С; следующие 3 цикла по 30 с, состоящие из последовательной смены температур от 94° до 64°С; затем 3 цикла с температурным профилем: 94°С – 30 с, 62°С – 30 с и 72°С – 30 с; еще 3 цикла реакции по 30 с (94°, 60° и 72°С); очередные 3 цикла (94°С – 30 с, 58°С – 30 с и 72°С – 30 с), затем 30 циклов с повторяющимися параметрами температуры и времени: 94°С – 30 с, 55°С – 30 с и 72°С – 30 и заключительный этап элонгации в течение 10 мин при 72°С. Продукты реакции разделяли горизонтальным электрофорезом в 4%-ном геле (MetaPhor Agarose) в течение 120 мин при напряженности электрического поля 50 вт и визуализировали под ультрафиолетом после окрашивания в бромистом этидиуме.

Результаты и обсуждение

Несмотря на то, что в основе всех используемых техник ДНК-типирования лежал только метод амплификации ДНК путем полимеразной цепной реакции, в результатах анализа наблюдались различия по выраженности полученной картины ДНК-профиля, по размеру и количеству амплифицированных фрагментов, а следовательно, системы маркирования различались по уровню ДНК-полиморфизма, выявляемого в каждом случае.

Так, при использовании RAPD-праймеров 32 из 75 праймеров (42,6%) генерировали надежные, воспроизводимые продукты амплификации различной степени интенсивности, что согласуется и с данными литературных источников [2]. 15 из них выявили полиморфизм с сегрегацией в потомстве. В среднем, с каждым праймером было получено 5 – 8 полос спектра на один образец ДНК и от 2 до 4 полос, сегрегирующих в потомстве. Размеры фрагментов амплификации составляли от 100 до 800 нуклеотидных пар. Праймеры серий OPB (03, 11, 13, 18), OPC (02 и 05), OPE (07 и 16), а также OPN 15, OPQ-11, OPQ-9, OPS-19 показали хорошую воспроизводимость в повторных анализах и высокую степень ДНК-полиморфизма и были использованы для различения сортовой принадлежности партий семян клевера лугового. В целом, полученные результаты позволяют сделать вывод, что RAPD-метод можно использовать для выявления полиморфизма ДНК на внутрипопуляционном и межсортовом уровне у клевера лугового, определен набор информативных RAPD-праймеров, показаны хорошие результаты использования их для идентификации селекционных достижений клевера лугового [1]. Результаты подтверждены в наших исследованиях и на других кормовых культурах, в частности на козлятнике восточном (*Galega orientalis* Lam.). Однако необходимость проведения повторных экспериментов из-за недостаточной воспроизводимости снижает эффективность работы, а низкоспецифичный спектр фрагментов амплификации ограничивает области применения данной техники ПЦР-анализа.

В результате исследований двух картируемых клеверных популяций с 11 парами STS-праймеров, предложенных как кандидаты генов устойчивости к болезням [6], было установлено, что 8 из них генерировали продукты амплификации, но только с 4 парами праймеров (Apb8b-12 F/R; rDNA 5S R/F; GSa F/R; GSb F/R) были выявлены полиморфные фрагменты амплификации. Получены ампликоны размером от 400 до 700 пар нуклеотидов и занесены в базу данных для последующей идентификации молекулярных маркеров. Высокая специфичность реакции выгодно отличала эту маркерную технику от предыдущей (RAPD). Оказалось, что при анализе клевера лугового для подавляющего большинства STS-праймеров оптимальной является температура 50°С. При более низкой температуре появлялись неспецифичные полосы, (которые, однако, в ряде случаев могут быть полезны при выявлении ДНК-полиморфизма), а повышение температуры выше указанной чаще всего вызывало отсутствие продуктов амплификации или слабые следы их. Кроме того, лучшие результаты были получены при уменьшенном количестве $MgCl_2$ в смеси для реакции, в

сравнении с использованным нами в RAPD-анализе (1,5 mM вместо 2,5 mM). Результаты наших исследований по оптимизации параметров ПЦР с использованием STS-праймеров были успешно использованы и на другом селекционном материале, в частности при анализе трансгенных растений клевера лугового, полученных в лаборатории биотехнологии ВНИИ кормов, и могут быть рекомендованы для многоцелевого использования в исследованиях этой культуры. На основе результатов фенотипической оценки и генотипирования с помощью STS-маркеров осуществили QTL-анализ популяции ГП-27 по признакам зимостойкости и устойчивости к *Sclerotinia trifoliorum* Erikks. [7]. Полученные предварительные данные уточняются и проверяются в наших исследованиях на другом селекционном материале, в том числе с использованием картируемой популяции HR×R130. Она была протестирована с помощью набора из 10 информативных STS-праймеров. Кроме перечисленных выше, в этот список вошли: Chi F/R, Endo40(1-2), ChSa(F/R), U107(F/R), L234(F/R), L280(1-2) [6]. Данные находятся в статистической обработке и готовятся к публикации. По результатам проведенного STS-анализа можно заключить, что испытанная маркерная система может быть успешно использована как для выявления внутри- и межпопуляционного ДНК-полиморфизма при анализе селекционного материала, так и для маркирования хозяйственноценных признаков клевера лугового.

Кроме перечисленных выше методов ПЦР-анализа, в наших исследованиях мы использовали также 37 SSR-праймеров с целью определить идентификационные возможности этой техники маркирования, отработать параметры амплификации и продолжить на ее основе исследования по маркированию признака устойчивости клевера лугового к болезням. Практически со всеми из испытанных SSR-праймеров получены достаточно выраженные фрагменты амплификации разной величины, но только некоторые из них оказались полезны для выявления полиморфизма ДНК в популяции ГР (родственной исходной картируемой популяции). Это праймерные пары RCS1694, RCS4280, RCS0838, RCS4105 [8]. Данные генотипирования дочерней популяции сопоставляются с результатами фенотипической оценки устойчивости к склеротиниозу в полевых условиях и сравниваются с результатами маркирования локусов устойчивости исходной популяции (HR×R130) на интегрированной карте сцепления. По результатам предполагается провести анализ наследуемости признака устойчивости к болезням в потомстве.

Из проведенных исследований следует, что использование молекулярных маркеров применительно к культуре клевера лугового подтверждает существование проблем с воспроизводимостью и низкой информативностью RAPD-маркеров, ограничивая спектр применения этой техники анализа. В сравнении с ними мультилокусные SSRs и специфичные STS-праймеры могут быть полезным инструментом для облегчения и ускорения работы генетиков и селекционеров.

Литература

1. *Козлов Н. Н., Малышева Ю. Н., Прибыткова Т. Ф.* Патент на изобретение № 2244416 // Способ маркирования селекционных достижений клевера лугового на основе RAPD-маркеров. Зарегистрировано в Государственном реестре изобретений РФ 20 января 2005 г.
2. *Campos-de-Quiroz H., Ortega-Klose F.* Genetic variability among elite red clover (*Trifolium pratense* L.) parents used in Chile as revealed by RAPD-markers // Euphytica. 2001. V. 122. P. 61 – 67.
3. *Edvards M.D., Johnstone C., Thompson C.* A simple and rapid method for preparation of plant genomic DNA for PCR analysis // Nucl. Acids Res. 1991. V. 19 (6). 1349 p.
4. GenBank NCBI (www.ncbi.nlm.nih.gov/Overview.html).
5. *Isobe S., Klimenko I., Ivashuta S., Gau M., Kozlov N. N.* First RFLP linkage map of red clover (*Trifolium pratense* L.) based on cDNA probes and its transferability to other red clover germplasm // Theor. Appl. Gen. 2003. V. 108. P. 105 – 112.
6. *Kalo P., Endre G., Zimany L., Csanadi G., Kiss G. B.* Construction of an improved linkage map of diploid alfalfa (*Medicago sativa* L.) // Theor. Appl. Gen. 2000. V. 100. P. 641 – 657.
7. *Klimenko I., Isobe S., Kozlov N., Razqulayeva N., Ivashuta S.* QTL-analysis of *Sclerotinia* tolerance in red clover mapping population // Proc. of Intern. Workshop on Functional genomics and Breed. Strategies for cold tolerance in Plant. Sapporo, Japan, 2003. P. 69 – 70.

8. *Sato S., Isobe S., Asamiz E., Nobuko O. et al.* Comprehensive Structural Analysis of the Genome of Red Clover (*Trifolium pratense* L.) // DNA Res. 2005. V. 12. P. 301 – 364.
9. *Williams J. G K, Kubelic A. R., Livak K. J., Rafalski J. A., Tigney S. V.* DNA polymorphism amplified by arbitrary primers are useful genetic markers // Nucleic Acids Res. 1990. V. 18. P. 6531 – 6535.

ГЕНЕТИЧЕСКОЕ ИЗУЧЕНИЕ МУТАНТОВ МЯГКОЙ ПШЕНИЦЫ

Л. И. Лайкова[1], Н. П. Гончаров[1], О. М. Попова[1], В. М. Мельник[2], О. П. Митрофанова[3], Н. Ватанабе[4]

[1]Институт цитологии и генетики СО РАН, г. Новосибирск, Россия, e-mail: laikova@bionet.nsc.ru
[2]Алтайский НИИСХ, г. Барнаул, Россия
[3]Государственный научный центр РФ Всероссийский научно-исследовательский институт растениеводства им. Н. И. Вавилова РАСХН, Санкт-Петербург, Россия, e-mail: o.mitrofanova@vir.nw.ru
[4]Университет г. Ибараку, Япония

Резюме

Рассматривается характер наследования мутаций, приводящих и изменениям формы колоса. Показана аллельность мутантных генов *Cp* и Cp^m, их обусловливающих. Гены локализованы в длинном плече хромосомы 5А.

GENETIC STUDIES OF BREAD WHEAT MUTANTS

L. I. Laikova[1], N. P. Goncharov[1] , O. P. Popova[1], V. M. Melnik[2], O. P. Mitrofanova[3], N. Watanabe[4]

[1] Institute of Cytology and Genetics SB RAS, Novosibirsk, Russia, e-mail: laikova@bionet.nsc.ru
[2] Altai Research Institute of Agriculture,
[3] State Scientific Centre N. I. Vavilov All-Russian Research Institute of Plant Industry of RAAS, St. Petersburg, Russia, e-mail: o.mitrofanova@vir.nw.ru
[4] Ibaraki University, Japan

Abstract

Inheritance of mutations leading to changes in the ear shape is considered and allelism of the mutant genes *Cp* and Cp^m determining the changes is shown. The genes were found to be localized in the long arm of the 5A chromosome.

У пшеницы описаны гены *q*, *C*, *s1, Eg*, *bh*, сильно изменяющие морфологию колоса, а в ряде случаев и всего растения. Они имеют как таксономическое, так и хозяйственно-важное значение. При воздействии мутагенными факторами у мягкой пшеницы часто возникают наследственные изменения, дающие фенотип так называемых компактоидов различной степени выраженности – субкомпактоидов, компактоидов и гиперкомпактоидов [6]. Нами изучены морфологические мутации мягкой пшеницы *Triticum aestivum* L., фенотипически “имитирующие” форму колоса другого гексаплоидного вида – *T. compactum* Host (пшеница карликовая). Мутант мягкой пшеницы МСК 2617 получен М.В Мельником (Алтайский НИИСХ, г. Барнаул) при обработке нитрозометилмочевиной (НММ 0,01%) сухих семян сорта яровой мягкой пшеницы Скала. Другой мутант получен А.Ф. Жогиным (КНИИСХ имени П.П. Лукьяненко, г. Краснодар) при обработке сухих семян линии озимой мягкой пшеницы Лютестенс 611h157 нитрозоалкилмочевиной (НАМ) и был ранее детально изучен О.П. Митрофановой [3]. Ёю присвоен данной мутации символ *Cp* (от англ. – *Compact plant*) и мутантный ген интрогрессирован в генотип ярового аналога сорта Мироновская 808, гомозиготного по доминантным аллелям гена ярового типа развития *Vrn1*. По фенотипу

мутантные растения, несущие каждую из этих мутаций, похожи между собой, поэтому мы использовали данный символ, но с индексом '*m*' – Cp^m для линии МСК 2617. Реципрокные скрещивания мутанта с исходным сортом выявили неполное доминирование мутантного фенотипа, моногенное наследование и отсутствие материнского эффекта, т.е. влияния цитоплазмы на выраженность признака [2]. Аналогичные результаты получены при анализе гибридных растений F_2 в комбинации скрещивания мутанта МСК 2617 с сортом Саратовская 29 (табл.). При этом изменение генофона не повлияло на выраженность изучаемого признака.

Результаты гибридологического анализа мутанта МСК 2617

Комбинация скрещивания	Фенотип F_1 гибридов	Расщепление по классам в F_2 гибридов		χ^2
		фактическое	ожидаемое	
МСК 2617 × Саратовская 29	промежуточный	30:60:34	31:62:31	0,386

Известно, что фенотипическое отличие *T. compactum* от мягкой пшеницы обусловлено наличием одного главного «видообразующего» доминантного гена *C*, контролирующего укорочение члеников колосового стержня [13] и образование очень плотного колоса, что связано с изменением размеров клеток паренхимной ткани [4]. Действие этого гена проявляется также в уменьшении высоты растений, особенно верхнего междоузлия, длины остей и пластинки первого листа [8], размеров пыльников, колосковых чешуй и зерновок, увеличении диаметра узлов [12]. Ю.А. Филипченко считал, что наряду с геном *C* имеются два гена-удлинителя колоса (*L1* и *L2*), при наличии рецессивных аллелей всех этих генов (генотип *cc1111l2l2*) у гексаплоидных пшениц развивается относительно короткий, плотный булавовидный колос типа "squarehead" [5]. Ген *C* локализован в хромосоме 2D, в ее длинном плече вблизи центромеры [9, 13].

Растения, гомозиготные по мутациям *Cp* и Cp^m, имеют укороченный стебель (22,4±3,3 и 14,5±1,0 см, соответственно) за счёт уменьшения числа междоузлий и их длины, преимущественно верхнего. Число члеников колоса не изменено (14,6±1,5 и 15,6±0,8, соответственно), поэтому колос очень плотный, но увеличена его боковая сторона (2,3±0,6 и 2,5±0,04 см, лицевая сторона – 1,4±0,1 и 1,5±0,14 см). Поскольку верхнее междоузлие стебля оказывается короче листового влагалища и имеет изгиб под колосом, то колос, как правило, не выходит из влагалища флагового листа.

Для установления группы сцепления гена Cp^m изучали гибриды F_1 и F_2 от скрещивания мутантных линий с образцами WAG-2326 и Red Chaff *T. compactum*, замещенной CS*8/Poso 2D и изогенной ANK-38 линиями мягкой пшеницы, которые были любезно предоставлены В.С. Арбузовой и С.Ф. Ковалем, соответственно. В потомстве гибридов F_2 растения внутри популяции различались как по длине стебля, так и по форме колоса, поэтому их разделили, подобно Ю.А. Филипченко и О.П. Митрофановой, на три класса: 1) тип мутантных растений – длина колоса 3-4 см, форма колоса как у родительских линий, гомозиготных по доминантным генам *C* или *Cp*, длина стебля – 10-30 см; 2) промежуточный тип – мутантная форма колоса, длина стебля – 30-50 см; 3) тип нормальной мягкой пшеницы *T. aestivum*: длина колоса – 7-8 см, длина стебля – больше 50 см. Во всех четырех комбинациях скрещивания расщепление соответствовало 12:3:1 (χ^2=0,68; χ^2=0,31; χ^2=0,72 и χ^2=1,34 при *df*=3 в порядке перечисленных выше отцовских форм). Расщепление в гибридном потомстве от скрещивания с пшеницей карликовой можно объяснить тем, что морфологическая мутация *Cp* не затронула участок хромосомы, в котором находится ген *C*, а произошла в другом локусе, не обнаруживающим с ним тесного сцепления [3]. Появление растений с булавовидным колосом среди гибридных растений, возможно, подтверждает предположение Ю.А.Филипченко [5] о действии наряду с геном *C* другого особого гена или других генов, обусловливающих булавовидность. Это – рецессивные гены, проявляющиеся в присутствии доминантных аллелей гена *Q*.

Гибридное потомство F_1 и F_2 растений от прямого и обратного скрещивания мутантных форм между собой «*Cp* × Cp^M» и «Cp^M × *Cp*» росло в гидропонной теплице. Семьи F_3

(изучено 630 и 530 растений соответственно) высевали на экспериментальном участке ИЦиГ СО РАН. Все растения в гибридных популяциях имели мутантный фенотип, различия наблюдали только по размеру колоса и форме колосоножки – прямостоячая, изогнутая, волнообразная.

Ранее ген *C* ^{1764} с подобным фенотипическим эффектом компактоидных мутантов твердой пшеницы сорта Алтайская Нива, полученных В.М. Мельником, картирован в дистальном районе длинного плеча 5А хромосомы [10]. Также было показано, что данная мутация не связана с локусом *Q*, который в четырех дозах может давать схожий фенотип [11]. К сожалению, полученные F_1 гибриды между мутантной линией твердой пшеницы и линией МСК 2617 имели пониженную жизнеспособность и не дали достаточного числа семян для получения гибридных растений F_2. Это не позволило провести между ними тест на аллелизм.

В гибридных комбинациях от скрещивания монотелосомика по хромосоме 5AL (20"+t) сорта Саратовская 29 с мутантными линиями мы не наблюдали появления растений с фенотипом мягкой пшеницы – все изученные растения имели колос, аналогичный мутантным формам, и отличались только по его длине. Данный результат можно трактовать как расположение мутантного гена в длинном плече этой хромосомы.

Изучение гибридов показало, что мутации, обусловленные аллельными генами *Cp* и Cp^m, обнаруживают независимое комбинирование с ранее описанными мутантными генами *q* (хромосома 5А), *C* (2D) и s1 (3D).

Таким образом, проведенное нами изучение не подтвердило наличие у мутантной МСК 2617 линии и изогенной яровой линии Мироновская 808 (Vrn1, Cp) генов, аллельных «видообразующим» генам гексаплоидных пшениц. В дополнение к ранее описанным генам *q, C, C2* и s1 у *T. spelta, T. compactum* [7], *T. antiquorum* и *T. sphaerococcum* [1] у мягкой пшеницы выявлен еще один мутантный ген с большим плейотропным эффектом.

Работа частично поддержана Программой президиума РАН «Биоразнообразие и динамика генофонда», Комплексным интеграционным проектом СО РАН (№3) и РФФИ (07-04-00857).

Литература

1. *Гончаров Н.П., Гайдалёнок Р.Ф.* Локализация генов, контролирующих округлую форму зерновок и компактную форму колоса у *Triticum antiquorum Heer ex Udacz.* // Генетика, 2005. том 41, №11. С.1-7.
2. *Мельник В.М* Цитогенетика таксономических мутантов пшеницы // Повышение эффективности селекции и семеноводства сельскохозяйственных растений. Новосибирск, 2002. С. 275-279.
3. *Митрофанова О.П.* Наследование и характер действия индуцированной мутации *Cp* (*Compact plant*) мягкой пшеницы // Генетика, 1997. Т. 33. №4. С. 482-488.
4. *Сапегин А.А., Баранский Д.И.* Гибридологический анализ сопряженных (коррелятивных) признаков пшеницы. II. // Тр. Одесской с/х сел. станции. 1922. Вып.7. С.19-26.
5. *Филипченко Ю.А.* Генетика мягких пшениц. М.: Наука, 1979. С. 120-160.
6. *Щербаков В.К.* Мутации в эволюции и селекции растений. М. Колос, 1982. 327 с.
7. *Biffen R.H.* Mendel's laws of inheritance and wheat breeding // J. Agr. Sci, 1905. V.1. P.4-48.
8. *Gul A., Allan R.E.* Relation of the club gene to culm length and other character of near-isogenic wheat lines // Crop Sci. 1972. V.12. N3. P.310-313.
9. *Johnson E.B., Nalam V., Zemetra R.S., Riera-Lizarazu O.* Mapping the compactum locus in wheat (*Triticum aestivum* L.)and its relationship to other spike morphology genes of the *Triticeae* // Euphytica. 2008. V.163. P. 193-201.
10. *Kosuge K., Watanabe N, Kuboyama. T, Melnik V.M., Yanchenko V.I., Rosova M.A., Goncharov N.P.* Cytological and microsatellite mapping of mutant genes for spherical grain and compact spikes in durum wheat // Euphytica, 2007. V.159 .P.289-296.
11. *Muramatsu M.* The *vulgare* super gene, *Q*: its universality in *durum* wheat and its phenotypic effects in tetraploid and hexaploid wheats // Canad. J. Genet. Cytol. 1986. V. 28. № 1. P. 30–41.
12. *Tsunewaki K., Koba T.* Production and genetic characterisation of the co-isogenic lines of a common wheat *Triticum aestivum* cv. S-615 for ten major genes // Euphytica. 1979. V.28. N3. P.579-592.

13. *Unrau J.* The use of monosomic and nullisomic in cytogenetic studies in common wheat // Sci. Agr., 1950. V.30. P.66-89.

ИЗУЧЕНИЕ ГЕНЕТИЧЕСКОГО РАЗНООБРАЗИЯ МЕСТНЫХ СОРТОВ КУЛЬТУРНОГО ЯЧМЕНЯ (*HORDEUM VULGARE* L.) СЕВЕРНОГО РЕГИОНА РОССИИ ПО ГОРДЕИН-КОДИРУЮЩИМ ЛОКУСАМ

Е. В. Лялина, А. А. Поморцев
Учреждение Российской академии наук Институт общей генетики им. Н.И. Вавилова РАН, Москва, Россия, e-mail: lyalina7@vigg.ru

Резюме

Методом электрофореза в крахмальном геле изучен полиморфизм запасных белков у 85 местных сортов культурного ячменя Северного региона России. Для локуса *Hrd A* обнаружено 30 аллелей с частотами от 0,12 до 67,88%, для локуса *Hrd B* – 31 аллель с частотами от 0,12 до 24,94%, для локуса *Hrd F* – 4 аллеля с частотами от 0,12 до 54,35%. Установлено, что около 70% местных сортов этого региона гетерогенны по запасным белкам.

STUDY OF GENETIC VARIABILITY OF HORDEIN-CODING LOCI IN LOCAL VARIETIES OF CULTIVATED BARLEY (*HORDEUM VULGARE* L.) FROM NORTHERN REGION OF RUSSIA

E. V. Lyalina and A. A. Pomortsev
N. I. Vavilov Institute of General Genetics, RAS, Moscow, Russia, e-mail: lyalina7@vigg.ru

Abstract

Polymorphism of hordeins controlled by the *Hrd A, Hrd B* and *Hrd F* loci in 85 samples of cultivated barley from Northern Russia has been studied by electrophoresis in starch gel. As a result, 30 alleles at the *Hrd A* locus with frequencies ranging from 0.12 through 67.88%; 31 alleles at the *Hrd B* locus with frequencies from 0.12 to 24.94%; and 4 alleles at the *Hrd F* locus with frequencies of 0.12 – 54.35% have been discovered. Storage protein heterogeneity has been established for about 70% of the studied local varieties.

Введение

Местные (стародавние) сорта, сохраняемые в коллекциях, являются одним из важнейших источников исходного материала при селекционной работе. Это - золотой фонд селекции. Они создавались, как правило, методом массового отбора и культивировались на определенной территории на протяжении длительного периода, поэтому хорошо приспособлены к конкретным условиям произрастания. При работе с коллекциями важно не только предотвратить исчезновение местных сортов, но и сохранить их подлинность.

У ячменя запасные спирторастворимые белки эндосперма (гордеины) могут служить маркерами для распознавания сортов, поскольку они чрезвычайно разнообразны и обладают высокой сортоспецифичностью. Электрофоретические спектры этих белков не зависят ни от условий выращивания растений, ни от условий и длительности хранения семян.

К настоящему времени нами был описан полиморфизм гордеин-кодирующих локусов *Hrd A, Hrd B* и *Hrd F* у 1667 местных и селекционных сортов ячменя из 25 стран Африки, Южной Аравии, Юго-Западной, Центральной и Восточной Азии, входящих в центры генетического разнообразия культуры, а также СССР и современной России [2-5,7,8]. Однако местные сорта России, возделывавшиеся на ее территории до бурного развития селекции, по запасным белкам были мало изучены. Цель нашей работы заключалась в оценке

генетического разнообразия по локусам *Hrd A, Hrd B* и *Hrd F* стародавних сортов ячменя Северного региона России. В дальнейшем предполагается продолжить изучение полиморфизма запасных белков местных образцов ячменя из других регионов России.

Материалы и методы

В работе использовали семена 85 образцов местных сортов Северного региона России, предоставленные Всероссийским научно-исследовательским институтом растениеводства им. Н.И. Вавилова - 32 образца из Архангельской области, 12 карело-финских образцов и 41 образец из Коми. Для установления генотипов сортов от каждого образца анализировали не менее 10-и зерен. Электрофорез гордеинов проводили в столбиках 12-14%-ного крахмального геля с 3М мочевиной в алюминий-лактатном буфере (pH 3.1) [6]. Варианты блоков компонентов, контролируемые локусами *Hrd A, Hrd B* и *Hrd F* определяли по ранее составленным каталогам [2,3,7,8].

Результаты и обсуждение

Ранее было показано, что электрофоретические компоненты гордеинов наследуются группами (блоками) и контролируются семью сцеплено наследуемыми локусами – *Hrd A (=Hor1), Hrd B (=Hor2), Hrd F (=Hor5), Hrd C, Hrd D, Hrd E, Hrd G (=Hor4)*, локализованными в коротком плече хромосомы пять ячменя [1, 9-11]. Локусы *Hrd A, Hrd B* и *Hrd F* являются полиморфными, в то время как локусы *Hrd C, Hrd D, Hrd E, Hrd G* - контролируют присутствие слабоинтенсивных компонентов у некоторых сортов.

К настоящему времени в результате анализа 1667 местных и селекционных сортов ячменя из 25 стран мира по полиморфным локусам в целом обнаружено более 400 различных аллелей. Продукты локусов *Hrd A, Hrd B, Hrd F* на электрофореграмме гордеинов разделены пространственно. Это позволяет при анализе коллекций ячменя предварительно, без использования гибридологического анализа, выделять новые аллели этих локусов и создавать каталоги вариантов блоков компонентов. В каталогах аллельные варианты по локусам *Hrd A и Hrd B* сгруппированы в семейства. К настоящему времени для гордеина А обнаружено 12, а для гордеина В – 15 семейств блоков компонентов. Численность аллельных вариантов внутри семейств варьирует для А- гордеина от 3 до 60, а для В-гордеина – от 3 до 39 [3]. Созданные каталоги аллельных вариантов полиморфных локусов позволяют регистрировать электрофореграммы гордеинов сортов в виде генетических формул. На первом месте в формуле указывается обозначение гордеинов (*HRD*), затем записывается обозначение полиморфных локусов (*A, B, F*) с соответствующим цифровым обозначением блоков (аллелей). Если сорт является гетерогенным, т.е. имеет не один, а несколько вариантов электрофоретического спектра гордеинов, то в формуле аллельные варианты одного локуса разделяются знаком «+».

В результате электрофоретического анализа коллекционных образцов местных сортов Северного региона России, по локусу *Hrd A* обнаружено 30 вариантов блоков компонентов из I, III, IV, VI, VIII и X семейств. Среди аллелей этого локуса было обнаружено 4 новых варианта, предварительно обозначенных нами как н1, н2, н3 и н4, которые не встречались при анализе мировой коллекции местных и селекционных сортов. По В-гордеинам, контролируемым аллелями локуса *Hrd B*, найден в целом 31 вариант из I, IV, VI, X, XI, XII, XIII и XV семейств, причем 12 из них были новые. Они предварительно обозначены нами как н1 – н12. По локусу *Hrd F* найдены 4 варианта из пяти известных, различающиеся между собой по подвижности. Следует отметить, что у современных сортов, допущенных к использованию на территории всей России, по локусу *Hrd A* обнаружено только 16 вариантов, по локусу *Hrd B* – 22 варианта, по локусу *Hrd F* – 4 варианта [6]. Таким образом, полиморфизм местных сортов по вариантам аллелей гордеин-кодирующих локусов гораздо шире, чем современных.

Генетические формулы гордеина всех образцов, изучавшихся в настоящей работе, представлены в табл. 1.

Таблица 1. Генетические формулы гордеина у местных образцов Северного региона России

№ п/п	№ каталога ВИР	разновидность	Формулы гордеина по локусам		
			Hrd A	Hrd B	Hrd F
Архангельская область					
1	К-1783	pallidum	2	19	1
2	К-2278	популяция	2+4+12	1+19	1+3
3	К-2789	pallidum	6+23	3 +29+76+н1	1+2+3
4	К-2957	pallidum	1+2+13	13+39+н9	1+2
5	К-4308	pallidum	2	н10	2
6	К-5008	популяция	2	1+2	3
7	К-5011	популяция	2	н8	2
8	К-9316	pallidum	2+4	82+н8	1+2+3
9	К-9317	pallidum	2	8+13+н11	1+2
10	К-9330	pallidum	2	н8	2
11	К-9332	pallidum	2+12	13	
12	К-9337	pallidum	2	8	2
13	К-9338	pallidum	39	13	2
14	К-9344	pallidum	1+2+40+90	2+8+82	2+3
15	К-9347	pallidum	2	13	2
16	К-9349	pallidum	2	61	1
17	К-9355	pallidum	3	5	1
18	К-9362	pallidum	1+2+12	19+61	1
19	К-9379	pallidum	2	8	2
20	К-9383	nutans	2+12+18	17+19	1+3
21	К-9391	pallidum	2+29	8+64	2+3
22	К-9397	pallidum	2+28	8+78	2+3
23	К-9525	pallidum	2	19	1
24	К-9530	nutans	32	н12	1
25	К-9537	coeleste	24	8	2
26	К-9538	pallidum	2	8	2
27	К-9547	pallidum	2	13	2
28	К-9589	pallidum	1+2+8	6+8+13	2+4
29	К-9594	pallidum	2	19	1
30	К-9687	nutans	2	8+19	1
31	К-16423	pallidum	2	13+82	2+3
32	К-16424	pallidum	2+91	17+39+76	2+3
Карелия					
1	К-2174	pallidum	2+12	2+61+64	3
2	К-3738	pallidum	2	8+19+39+н1	1+2
3	К-4314	pallidum	2+33+44	1 +39+н2	2+3
4	К-6430	pallidum	1+2+4	17+ н1+н3	1+2
5	К-9727	nutans	60+2+12	2+21	1+3
6	К-9734	pallidum	2+30+37+100	1+3+8	2+3
7	К-9739	популяция	2+18	8+19	2
8	К-9743	pallidum	1+4+12+н1	13+61+76+н4	1+2
9	К-9744	pallidum	1+2+4	2+8	2+3
10	К-9745	pallidum	2+24	8+13+н5	1+2
11	К-16894	nutans	2+12	19	1
12	К-16895	nutans	1+2+н2	8+33+61	1+2+3
Коми					
1	К-5866	pallidum	2	8	2
2	К-9415	pallidum	2+39	8+13	2
3	К-9416	pallidum	1	13	2
4	К-9417	erectum	3	72	1

№ п/п	№ каталога ВИР	разновидность	Формулы гордеина по локусам		
			Hrd A	Hrd B	Hrd F
5	К-9419	pallidum	2+39+44	1+8	2+3
6	К-9423	pallidum	2+40	8+13+39	2
7	К-9425	coeleste	24	н1	2
8	К-9427	nutans	2	19	1
9	К-9433	pallidum	2	8+72	1+2
10	К-9434	pallidum	2	8+13	2
11	К-9435	pallidum	2+н3	8+61+72	1+2
12	К-9436	pallidum	2	1+13+19	1+2+3
13	К-9438	pallidum	2+15+24	8+13+21+39+н1	1+2
14	К-9439	pallidum	2+37	8	2
15	К-9440	pallidum	2+3+12	1+8+13	2+3
16	К-9442	pallidum	2	1+8+39+н1	2+3
17	К-9444	nutans	12+32	2+21+н6	1+3
18	К-9445	pallidum	2	8+61	1+2
19	К-9446	pallidum	2	1+8 +39+н1	2+3
20	К-9456	nutans	2	19	1
21	К-9457	pallidum	2	13	2
22	К-9459	pallidum	2	1+н1	2+3
23	К-9462	pallidum	2	82+н2+н7	1+3
24	К-9466	pallidum	2+4	8+13+72	1+2
25	К-9467	pallidum	2	13+39+н1+н8	2
26	К-9473	pallidum	2	н1	2
27	К-9478	pallidum	2	8+61+н1	1+2
28	К-9479	pallidum	2	н1	2
29	К-9483	pallidum	2	18+72	1
30	К-9486	pallidum	2	8+72	1+2
31	К-9487	nutans	1+2+9+12	1+2+13+19	1+2+3
32	К-9490	pallidum	2	8+н1	2
33	К-9750	pallidum	3+4	1+61	1+3
34	К-9751	pallidum	2+4	13+61	1+2
35	К-9753	pallidum	2	8	2
36	К-9768	популяция	н4	19	1
37	К-10053	pallidum	2	13+72+82+н8	1+2+3
38	К-10073	pallidum	2	8+61+н1	1+2
39	К-16380	pallidum	2+37	8+13	2
40	К-16412	pallidum	2	61	1
41	К-16413	pallidum	2	76	1

Из табл.1 видно, что около 70% исследованных сортов являются гетерогенными по одному, двум или трем полиморфным локусам, и характеризуются присутствием в популяции сорта двух или более биотипов, различающихся по компонентному составу гордеина. В настоящее время на территории Российской Федерации, рекомендованы к использованию 147 сортов ярового ячменя. Более 75% из них являются линейными по компонентному составу гордеина. В Северном регионе допущено к использованию лишь 5 сортов ярового ячменя, линейных по запасным белкам: Варде с генетической формулой 40.8.2, Дина – 2.95.1, Неван – 2.13.2, Нур – 2.25.1 и Раушан – 21.25.1. Таким образом, селекционная работа приводит не только к снижению внутрисортовой гетерогенности по гордеин-кодирующим локусам, но и к утрате их аллельного разнообразия.

В табл.2 приведены частоты аллелей гордеин-кодируюших локусов, выявляемых при анализе местных сортов Северного региона России.

Таблица 2. Частоты аллелей локусов Hrd A, Hrd B и Hrd F у местных образцов Северного региона РФ

Аллель	Частота, %	Аллель	Частота, %	Аллель	Частота, %	Аллель	Частота, %
Локус *Hrd A*							
1	3,77	13	0,59	33	1,06	91	0,12
2	67,88	18	0,23	37	1,18	100	0,35
3	3,77	23	0,12	39	1,41	н1	0,23
4	4,24	24	2,47	40	0,71	н2	0,23
6	1,18	28	0,23	44	0,47	н3	0,23
8	0,12	29	1,06	47	0,35	н4	1,18
9	0,12	30	0,12	60	0,59		
12	4,35	32	1,41	90	0,23		
Локус *Hrd B*							
1	4,12	19	11,42	76	1,88	н6	0,23
2	3,76	21	0,12	78	0,12	н7	0,23
3	0,59	29	0,12	82	1,18	н8	3,29
5	1,06	33	0,94	н1	7,53	н9	0,59
6	0,12	39	2,71	н2	1,18	н10	1,18
8	24,94	61	7,05	н3	0,35	н11	0,23
13	14,12	64	1,65	н4	0,35	н12	1,18
17	1,06	72	5,76	н5	0,94		
Локус *Hrd F*							
1	31,18	2	54,35	3	14,35	4	0,12

Как показал анализ, у изученных стародавних сортов аллели гордеин-кодирующих локусов существенно различаются по частотам. Так, среди 30 аллелей локуса *Hrd A* по частоте резко доминирует аллель *Hrd A2* – 67,88%, что характерно для многих стран мира. Остальные встречаются с частотами 0,12 – 4,35%. По локусу *Hrd B* из 31 аллеля относительно высокую частоту имеют три: *Hrd B8* (24,94%), *Hrd B13* (14,12%), входящий с аллелем *Hrd* B8 в одно семейство, и *Hrd B19* (11,42%). Частоты остальных аллелей варьирует от 0,12 до 7,53%. Среди аллелей локуса *Hrd F* с наибольшей частотой встречается аллель *Hrd F2* (54,35%), а с наименьшей – *Hrd F4* (0,12%).

Литература

1. *Нецветаев В. П., Образцов И. С., Созинов А. А.* Картирование локуса *Hrd G* в хромосоме 5 ячменя. Молекулярные механизмы генетических процессов. V Всесоюзн. Симп.: Тез. докл. М.: Наука, 1983. С. 110.
2. *Поморцев А .А.* Исследование полиморфизма гордеинов у ячменей Эфиопии // Генетика. 2001. Т. 37. № 10. С. 1371-1382.
3. *Поморцев А. А.* Гордеин-кодирующие локусы как генетические маркеры в популяционных, филогенетических и прикладных исследованиях ячменя //Автореф. дис... д. б. н. 03.00.15. М., 2008.
4. *Поморцев А. А., Калабушкин Б. А., Ладогина М. П., Бланк М. Л.* Геногеография и закономерности распространения аллельных вариантов в трех кордеинкодирующих локусах ярового ячменя на территории бывшего СССР // Генетика. 1994. Т. 30. № 6. С. 806-815.
5. *Поморцев А. А., Калабушкин Б. А., Лялина Е. В.* Закономерности распределения аллельных вариантов трех кордеин-кодирующих локусов ярового ячменя на территории Российской Федерации // Генетика. 2001. Т. 37. № 11. С. 1513-1520.
6. *Поморцев А. А., Лялина Е. В.* Идентификация и оценка сортовой чистоты семян ячменя методом электрофоретического анализа запасных белков зерна. М., 2003. 81с.
7. *Поморцев А. А., Лялина Е. В.* Полиморфизм культурного ячменя (*Hordeum vulgare* L.) Южной Аравии по гордеин-кодирующим локусам // Генетика. 2007. Т. 43. № 5. С. 660-667.
8. *Поморцев А. А., Мартынов С. П., Лялина Е. В.* Полиморфизм культурного ячменя (*Hordeum vulgare* L.) Турции по гордеин-кодирующим локусам // Генетика. 2007. Т. 43. № 11.С. 1542-1549.
9. *Поморцев А. А., Нецветаев В. П., Попереля Ф. А., Созинов А. А.* Идентификация шестого локуса, контролирующего синтез гордеина у озимого ячменя // Докл. ВАСХНИЛ. 1983. №1. С. 7-11.
10. *Созинов А. А., Нецветаев В. П., Григорян Э. М., Образцов И. С.* Картирование локусов *Hrd* у

ячменя (*Hordeum vulgare* L. emed. Vav. et Bach.) // Генетика. 1978. Т. 14. № 9. С. 1610-1619.
11. *Sewry P. R., Faulks A. J., Pickering R. A. et al.* The genetic control of barley storage proteins // Heredity.1980. V. 44. № 3. P. 383.

ГЕНЕТИЧЕСКАЯ КОЛЛЕКЦИЯ ИНБРЕДНЫХ ЛИНИЙ СВЕКЛЫ И ВОЗМОЖНОСТИ ЕЕ ПРАКТИЧЕСКОГО ИСПОЛЬЗОВАНИЯ

И. И. Лялько, О. В. Дубровная, Т. В. Чугункова
Институт физиологии растений и генетики НАНУ, Киев, Украина, e-mail: dubrovny@ukr.net

Резюме

Приведены данные о морфологических мутациях, выделенных из коллекции самоопыленных линий свеклы. Показана эффективность использования некоторых признаков в практической селекции. Разработаны биотехнологические приемы сохранения, тиражирования и ускоренного размножения ценного селекционного материала.

GENETIC COLLECTION OF INBRED LINES OF BEET AND POSSIBILITY OF ITS PRACTICAL USE

I. I. Lyalko, O. V. Dubrovna, T. V. Chugunkova
Institute of Plant Physiology and Genetics, National Academy of Sciences of Ukraine, Kiev, Ukraine
e-mail: dubrovny@ukr.net

Abstract

Data about the morphological mutations allocated from a collection of self-pollinated lines of beet are cited. Efficiency of use of some characteristics in practical selection is shown. Biotechnological methods of preservations, duplicating and the accelerated reproduction of a valuable selection materials are developed.

Создание сортов и гибридов свеклы, совмещающих высокую продуктивность и технологические качества, а также устойчивость к стрессовым факторам окружающей среды, настоятельно требует всестороннего комплексного изучения исходных селекционных материалов. В первую очередь это относится к донорам хозяйственно-ценных признаков, что дает возможность получать новые формы с определенными свойствами. Селекционные программы значительно усложнились и без знания генетики основных признаков становится невозможным успешно вести селекцию этой культуры, эффективно использовать явление гетерозиса, мужскую стерильность, полиплоидию и т.д.

Инбридинг, приводя к дифференциации перекрестноопыляемой гетерозиготной популяции, позволяет значительно расширять разнообразие биотипов. Кроме того, непосредственно влияя на наследственность, позволяет выделять новые признаки, которые практически не встречаются в природных популяциях свеклы либо появляются крайне редко. С созданием генетических коллекций свеклы появилось значительное количество работ, связанных с выявлением новых морфологических мутаций и выяснением их генетического контроля [1,12,19-24,27]. Кроме этого, отдельные линии-носители генетически детерминированных признаков обладают селекционно-важными характеристиками, что повышает их ценность как доноров при вовлечении в селекционный процесс. Некоторые из описанных мутаций в настоящее время используются как морфологические маркеры при проведении практических работ [6,11,15,16,25,27].

В то же время широкое использование инбридинга в современной селекции свеклы привело к сужению генетической изменчивости и обеднению генофонда, что в свою очередь создает благоприятные условия для развития эпифитотий различных болезней и т.п. К таким

же последствиям может привести и селекция на основе цитоплазматической мужской стерильности, поскольку практически все современные гибриды созданы с использованием единой плазмы *S.* Избежать негативных последствий возможно путем расширения генетической изменчивости за счет генофонда диких видов, которые являются важным источником ценных генов. Значительный интерес представляют такие виды, как *Beta cicla* и *Beta maritima*, легко скрещивающиеся с культурной свеклой и обладающие относительной устойчивостью к целому ряду заболеваний [13].

У видов *Beta maritima, B.macrocarpa* и *B.cicla* выделены новые типы цитоплазмы, которые обусловливают мужскую стерильность, Один из выделенных типов – *G*-тип, используется в селекционном процессе при получении новых мужскостерильных форм [31]. Установлено, что митохондриальные гены этих видов принимают участие в генетическом контроле таких признаков, как устойчивость к болезням и абиотическим стрессам, продуктивность, комбинационная способность.

Нами в Институте физиологии растений и генетики НАН Украины была создана коллекция самоопыленных линий, заложенная на различных материалах отечественной и зарубежной селекции [28]. В результате фенологического анализа самоопыленных линий по индивидуальным признакам было выделено 12 диплоидных линий 3-5-го поколений инбридинга с мутантными признаками, которые ранее не встречались среди культурной свеклы.

Впервые выделены морфологические мутации: параллельное жилкование листьев, сжатость и крючкообразная загнутость верхушек молодых листочков (рис. 1а), ромбовидная форма листовой пластинки, раздвоение верхушек молодых листочков и уменьшение у них количества проводящих пучков, срастание от 2 до 8 черешков и закручивание фасциированных пластинок, соцветия, напоминающие початок кукурузы и некоторые другие [18].



**Рис. 1. а) Крючкообразная загнутость верхушек листовых пластинок;
б) детерминантное окончание цветоносных побегов у сахарной свеклы;
в) опушенные листовые пластинки.**

Практически ценными оказались формы с ограниченным ростом цветоносов (рис. 1б), что способствует сокращению у них сроков цветения, выравненности семян, равномерному созреванию в сравнении с обычными формами, а также мутантные линии с необычным для культурной свеклы признаком, а именно: опушенностью листовых пластинок (рис. 1в).

Установлено, что признак доминантный, наследуется по моногенному типу и контролируется серией множественных алелей локуса *H1* [11], которые обусловливают его различное фенотипическое проявление у разных линий. Моногенный контроль данного признака, возможность идентификации на всех фазах онтогенеза, начиная с ювенильной, позволяет использовать его в качестве морфологического маркера в селекции. Экспериментально установлено, что биотипы – доноры гена *Hl* имеют высокую закрепительную способность (85,8-96,8%), а растения с генотипом $H1_1H1_1$ являются

универсальными закрепителями стерильности [14]. С использованием сигнального признака «опушенность листовой пластинки» предложены новые способы контроля гибридности растений, создания межлинейных гибридов и закрепителей стерильности сахарной свеклы, которые позволяют значительно ускорить, упростить селекционный процесс и снизить его себестоимость [3-5].

Признак опушения молодых листовых пластинок выделен также и среди самоопыленных материалов кормовой свеклы. Выяснено, что признак как и у сахарной свеклы, доминантный, при моногенном типе наследования. Однако гены опушения (*H1* и Hl^{var} соответственно) не аллельны и взаимодействуют по принципу доминантного эпистаза [17].

Выделенные линии были проанализированы и на молекулярном уровне. У растений с максимально опушенным листовым аппаратом выявлены мутационные изменения в ферментном локусе, контролирующем алкогольдегидрогеназу, что может быть связано с генетическими изменениями в структурной части данного локуса. Полученные результаты позволяют предположить определенную связь между генами *Adh1, Hl* и генами закрепления стерильности [9].

Свекла – свободно цветущее, факультативно аллогамное растение, что обеспечивает ей значительную гетерозиготность и постоянную рекомбинацию генов. Поэтому размножение и сохранение в чистоте выделенных ценных генотипов традиционными методами является довольно сложной задачей. Решение этой проблемы стало возможным, благодаря разработке биотехнологических методов. Технология вегетативного микроклонального размножения свеклы, которая является двулетней культурой, и традиционно воспроизводится достаточно медленно, позволяет тиражировать и получать неограниченное количество клонов от растения-донора, что значительно ускоряет селекционный процес. Кроме того, вегетативное клонирование позволяет длительно поддерживать и сохранять в чистоте ценный генетический матерал. В первую очередь, это относится к линиям с цитоплазматической мужской стерильностью и закрепителям стерильности О-типа, ускоренное размножение и поддержание которых является актуальным для генетических исследований и селекционной практики.

Вследствие низкой семенной продуктивности инбредных линий, сложностью поддержания генотипов и возможностью их потери при дальнейшем самоопылении, основной задачей нашей работы была разработка эффективной системы вегетативного микроклонирования *in vitro* для сохранения и размножения растений свеклы с хозяйственно-полезными признаками. Материалом биотехнологических работ были инбредные линии сахарной и кормовой свеклы 4-5 поколений самоопыления с различными практически ценными характеристиками; линии с маркерными признаками, а также дикие виды свеклы *Beta maritima, B. pattelaris и B. cicla.*

В результате проведенной работы нами разработана схема введения в культуру *in vitro* различных форм свеклы, подобраны условия стерилизации зародышей и оптимизирована питательная среда для культивирования проростков. Для индукции процессов органогенеза у исследованных генотипов свеклы наиболее эффективной оказалась регенерационная среда РВ [30]. Показано, что наиболее пригодным типом экспланта для воспроизведения растений свеклы на питательной среде РВ является лист с черешком. Основной тип регенерации при использовании листовых эксплантов – прямой органогенез. Наиболее эффективным для увеличения частоты образования побегов является использование эксплантов с растений, которые прошли три цикла культивирования на питательной среде РВ. Установлено, что микроклональное размножение можно существенно ускорить, получая побеги на самом материнском растении, также трижды пересаженном на регенерационную среду. В таком случае наблюдали массовую закладку дочерних микророзеток на базальной части растения (рис. 2). Подобрана питательная среда для быстрого доращивания полученных побегов, оптимизирован гормональный состав сред для индукции ризогенеза, а также разработаны условия перевода астений-регенерантов в почву.

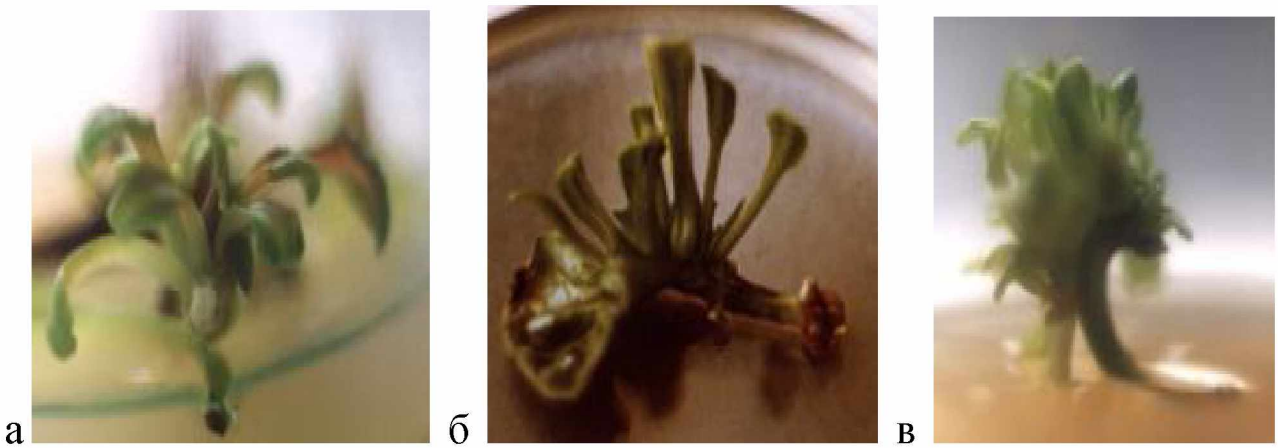


Рис. 2. Прямая регенерация микророзеток из эксплантов свеклы:
а, в – регенерация из тканей черешков;
б – регенерация из листа с черешком

Известно, что длительное культивирование *in vitro* растений свеклы часто приводит к появлению у многих генотипов морфологических изменений различного характера. Проверка сохранения регенерантами генетически детерминированных маркерных признаков у растений первого и второго года жизни не выявила существенных отличий от исходных интактных форм У регенерантов, полученных от других генотипов, были выявлены растения с измененной формой листа, утолщенными черешками, отмечались различия в характере жилкования и окраски листовой пластинки, однако все они носили эпигенетический характер. Цитогенетический анализ и анализ методом проточной цитометрии уровня плоидности растений, полученных путем прямого органогенеза, показал высокую цитологическую стабильность регенерантов (соответствие уровня плоидности материнского растения и регенерантов составило 98%). Таким образом, для сохранения и быстрого тиражирования ценных материалов нами разработана система микроклонального размножения путем прямой регенерации побегов из тканей вегетативних органов, которая позволяет увеличить в 2-3 раза количество регенерантов на один эксплант и ускорить размножение ценных растений [7].

Кроме прямой регенерации побегов непосредственно из клеток экспланта мы также использовали индукцию регенерации из каллусных тканей. Считается [26], что процесс каллусообразования и условия выращивания клеток в культуре являются мутагенными факторами и обусловливают сомаклональную изменчивость, которая проявляется в виде широкого спектра морфологических, цитологических и биохимических изменений. Спектр генетической изменчивости может включать полезные изменения признаков, что позволяет выделять из сомаклонов ценные мутантные формы для использования в селекции.

В процессе культивирования *in vitro* могут возникать изменения не только в ядерном, но и в митохондриальном геноме клеток растений [32]. Высокий уровень изменчивости митохондриального генома в культуре *in vitro* способствует получению большого количества разнообразных мутантов, среди которых могут быть и стерильные формы. Нами проведен анализ семенников регенерантов сахарной свеклы, полученных из каллусных культур листового происхождения, по пыльцеобразовательной способности. Показано, что большинство растений полностью фертильны. Однако среди регенерантов отдельных каллусных линий, наряду с фертильными семенниками, отмечены растения со стерильной и полустерильной разных типов пыльцой. В процессе исследований было выяснено, что в большинстве случаев стерильность носила эпигенетический характер, но в то же время были выделены формы с генной и цитоплазматической стерильностью [10].

Наличие в наших экспериментах регенеранта с генной мужской стерильностью, вероятно, можно объяснить мутацией ядерных генов, возникшей в результате продолжительного культивирования каллусной культуры *in vitro*. Выделение форм с

цитоплазматической мужской стерильностью может быть вызвано двумя причинами. С одной стороны, это может быть связано с мутациями, затрагивающими митохондриальный геном. Вместе с тем, не исключена возможность того, что растение инбредной линии, из которой индуцирована каллусная линия, уже имело S цитоплазму. Возможно, что во время культивирования, произошла мутация только ядерных генов, контролирующих мужскую стерильность. В то же время, вполне вероятно, что исходное растение имело рецессивные ядерные гены x и z в гомозиготном состоянии и N- цитоплазму, которая под влиянием ядерного гена – мутатора *Mut* конвертировала в S-форму [2].

Следует отметить, что использованию диких видов свеклы в биотехнологических исследованиях уделяется все больше внимания [8]. Это стало возможным благодаря разработке методов клеточной и генетической инженерии – культуры протопластов и соматической гибридизации и введения генетического материала в растительные клетки и протопласты с помощью трансформированной ДНК. Поскольку дикие виды свеклы, в основном, являются многолетними растениями, семена которых прорастают достаточно медленно и неодновременно, при проведении биотехнологических работ существует необходимость иметь в достаточном количестве исходный материал. Вместе с тем, особенности процессов морфогенеза в культуре изолированных клеток, тканей и органов диких видов исследованы недостаточно. В связи с этим, нами были изучены особенности процессов прямого органогенеза в культуре листовых эксплантов *Beta cicla, B. maritima и B. patellaris.*

Установлено, что все исследованные виды: *B. cicla, B. maritima* и *B. patellaris* способны к прямой регенерации побегов из тканей листовых эксплантов в культуре *in vitro*. Нами подобран гормональный состав питательной среды МС, который позволяет целенаправлено индуцировать процесс органогенеза у изученных видов. Показано, что лучшим типом экспланта для размножения растений являются черешки листьев [8]. Растения-регенеранты диких видов, полученные из листовых эксплантов, имели типичные для интактных растений морфологические признаки: форму куста, листьев, окраски. От 70 до 90% полученных микророзеток *B. cicla* и *B. patellaris* формировали корни, для вида *B. maritima* этот показатель был несколько ниже (60%). У растений однолетнего вида *B.patellaris* кроме корней формировались цветоносные побеги с раздельноцветковыми плодами (рис. 3).



Рис. 3. Растения – регенеранты, полученные от листовых эксплантов:
а – ***Beta maritima;*** **б -** ***Beta cicla*****; в –** ***Beta patellaris***

Однако фертильная пыльца у них не образовывалась, а сами цветки быстро чернели и опадали, хотя у некоторых нормально развивались околоплодники, но жизнеспособных зародышей не отмечено. Полученные результаты свидетельствуют о перспективности использования метода прямой регенерации для микроклонального воспроизведения и тиражирования диких видов свеклы.

Таким образом, несмотря на то, что на современном этапе исследований для

характеристики исходных селекционных материалов используют цитологические, биохимические, физиологические и молекулярно-генетические маркеры, значительно расширившие возможности генетического анализа, использование морфологических маркеров до сих пор не потеряло своего значения. Поэтому создание коллекций, выделение новых форм с мутантными признаками, определение их генетической природы остается актуальным. Использование биотехнологических методов для размножения в необходимых количествах выделенных форм позволит значительно ускорить селекционный процес, а также даст возможность длительно поддерживать и сохранять в чистоте ценный генетический материал.

Литература

1. *Абдурахманов А.А., Сеилова Л.Б., Джексамбиев Р.К.* Из генетической коллекции инцухт линий // Сахарная свекла. 1992. № 5. С. 53-54.
2. *Аульченко Ю.С., Вепрев С.Г, Аксенович Т.И.* Изменение типа цитоплазмы сахарной свеклы (*Beta vulgaris* L.) при инбридинге. Сегрегационный анализ родословной // Генетика. 1997. Вып. 33, №7. С. 943-950.
3. *Деклараційний патент України* № 59136А. Спосіб контролю гібридності рослин цукрових буряків / Дубровна О.В., Лялько І.І., Чугункова Т.В., Парій Ф.М. 2003. Бюл. №8.
4. *Деклараційний патент України* № 59137А. Спосіб створення закріплювачів стерильності цукрових буряків / Лялько І.І., Дубровна О.В., Парій Ф.М. 2003. Бюл. №8.
5. *Деклараційний патент України* № 59138А. Спосіб створення міжлінійних гібридів цукрових буряків / Дубровна О.В., Лялько І.І., Чугункова Т.В. 2003. Бюл. №8.
6. *Дубровна О.В., Лялько І.І.* Генетична детерміація деяких морфологічних ознак листкового апарату у цукрового буряка // Физиология и биохимия культурных растений. 2002. Вып. 34, №5. С. 424-429.
7. *Дубровна О.В., Лялько І.І.* Мікроклональне відтворення селекційно-цінних форм цукрових і кормових буряків // Зб.наук.праць Фактори експериментальної еволюції організмів. К.:Аграрна наука, 2003. С. 410-414.
8. *Дубровна О.В., Лялько І.І.* Особливості процесів органогенезу в культурі листкових експлантатів диких видів роду *Beta* L. // Физиология и биохимия культурных растений. 2008. Вып. 40, №3. С. 214-222.
9. *Дубровная О.В., Лялько И.И., Глазко В.И.* Сравнительное изучение инбредных линий сахарной свеклы по изоферментным маркерам // Физиол. и биохим. культурных растений. 2003. Вып. 34, №2. С. 144-151.
10. *Дубровная О.В., Лялько И.И., Губанова Н.Я.* Сомаклональная изменчивость растений сахарной свеклы по признаку стерильности пыльцы // Цитология и генетика. 2004. Вып. 38, №5. С. 24-29.
11. *Дубровная О.В., Лялько И.И., Парий Ф.Н.* Генетический контроль морфологических признаков свеклы (*Beta vulgaris* L.) // Цитология и генетика. 2003. Вып. 37, №4. С. 57-72.
12. *Кондратенко Н.В., Парий Ф.Н., Шевцов И.А.* Исследование спонтанной мутации окраски листьев у сахарной свеклы // Цитология и генетика. 1988. Т. 22. №2. С. 68-70.
13. *Литвинюк В.В.* Формування колекції диких видів роду *Beta* L. Для створення нових форм цукрових буряків // Збірник наук.праць ІЦБ. Київ-ПоліграфКонсалтинг. 2005. Вип.8. С. 229-234.
14. *Лялько И.И.* Морфологическая мутація сахарной свеклы "опушенность листовых пластинок" как маркер закрепителей стерильности // Цитология и генетика. 1999. Вып. 33, №3. С. 47-51.
15. *Лялько І.І., Дубровна О.В.* Використання морфологічних мутацій при створенні закріплювачів стерильності у буряків // Збірник наук.праць „Фактори експериментальної еволюції організмів". Київ : Логос. 2006. Т.3. С. 269-274.
16. *Лялько І.І., Дубровна О.В.* Створення запилювача О-типу у кормових буряків за використання маркерної ознаки листкового апарату // Вісник УТГіС. 2006. Вып. 4, №2. С. 229-235.
17. *Лялько И.И., Дубровная О.В., Шевцов И.А.* Проявление признака опушенности листовых пластинок у кормовой свеклы // Цитология и генетика. 2001. Вып. 35, №4. С. 48-54.
18. *Лялько И.И., Дубровная О.В., Чугункова Т.В.* Морфологические мутации свеклы и возможности их использования // Сб.научн.тр. международной конференции «Естествознание и гуманизм» Томск. 2004. Вып. 1, №2. С. 62-64.
19. *Мглинец А.В.* Twist stem – новая морфологическая мутация сахарной свеклы // Генетика. 1992. Вып. 28, №12. С. 144-146.

20. *Мглинец А.В., Осипова З.А. dw* – новая мутация свеклы (*Beta vulgaris* L.) // Генетика. 2005. Вып. 41, №5. С. 657-660.
21. *Мглинец А.В., Осипова З.А.* Генетическое изучение новой окраски у свеклы (*Beta vulgaris* L.) // Генетика. 2006. Вып. 42, №7. С. 936-938.
22. *Мглинец А.В., Осипова З.А.* Наследование мутации ps у сахарной свеклы // Генетика. 2007. Вып. 43, №5. С. 647-652.
23. *Мглинец А.В., Вепрев С.Г., Плясова Н.К.* Мутация a_3, вызывающая мужскую стерильность у сахарной свеклы (*Beta vulgaris* L.) // Генетика. 1998. Вып. 34, №2. С. 304-307.
24. *Ошевнев В.П., Грибанова Н.П.* Спонтанная мутация пистилодийного типа у сахарной свеклы // Мат-лы П Международной конференции 26-30 ноября 2002. Генетические ресурсы культурных растений в XX1 веке. Состояние, проблемы, перспективы. Санкт-Петербург: ВИР. 2002. С. 557-558.
25. *Парій Ф.М* Генетичне поліпшення гібридних буряків (Beta vulgaris L.) // Автореф. дис… докт.біол.наук. Київ, 1993. 38 с.
26. *Редько В.І., Недяк Т.М, Драгунова О.К., Дубін О.В.* Калусогенез і сомаклональна мінливість у цукрових буряків // Збірник наук. праць ІЦБ. К. 2000. Вип. 2. Книга 1. С. 138-144.
27. *Сеилова Л.Б., Джексамбиев Р.К.* Новая рецессивная мутация сахарной свеклы // Цитология и генетика. 1992. Вып. 26, №6. С. 14-16.
28. *Чугункова Т.В., Дубровна О.В., Лялько І.І.* Генетичні і цитогенетичні основи гетерозису у рослин. К.: Логос. 2006. 259 с.
29. *Dubrovna O.V., Lyalko I.I.* Microclonal propagation of sugar beet plants with economically valuable characters // VШ International Conference The Biology of Plant Cell in vitro and Biotechnology (Abstracts. Saratov. September 9-13). 2003. P. 86-87.
30. *Freytag A.H., Anand S.C., Rao-Arelli A.P., Owens L.D.* An improved medium for adventitions shoot formation and callus induction in *Beta vulgaris* L. *in vitro* // Plant Cell Rep. 1988. V. 7, №1. P. 30-34.
31. *Touzet P., Hueber N., Burkholz A.,Barnes S., Cuguen J.* Genetic analis of male fertility restoration in wild cytoplasmic male fertility G of beet // Theor.Appl.Genet. 2004. V. 109, №1. P. 240-247.
32. *Sadoch Z. Majewska Sawka A., Jazdzewska E., Niklas A.* Changes in sugar beet mitochondrial DNA induced diring callus stage // Plant Breeding. 2000. V. 119, №2. P. 107-110.

СОХРАНЕНИЕ РАЗНООБРАЗИЯ КУЛЬТУРНЫХ РАСТЕНИЙ И ТРАДИЦИОННЫХ ЗНАНИЙ ПО БИОРЕСУРСАМ ГОРНЫХ РАЙОНОВ ТАДЖИКИСТАНА – ОСНОВА ПРЕДОТВРАЩЕНИЯ ГЕНЕТИЧЕСКОЙ ЭРОЗИИ

М. А. Мамадалиева, Т. Б. Бобоев, Р. К. Каримов, С. Д. Азизова, Н. И. Каюмова
Общественная Организация «Зан ва Замин» («Женщина и Земля»), Душанбе, Таджикистан,
e-mail: maftuna_zan@mail.ru
Кулябский ботанический сад Академии наук Республики Таджикистан, Куляб, Таджикистан,
e-mail: b_mario@mail.ru

Резюме

Богатейшая флора дикорастущих плодовых растений и высокое искусство таджикских растениеводов и селекционеров позволили создать прекрасный генофонд сельскохозяйственных культур, обогативший садоводство и виноградарство мира новыми ценнейшими сортами и гибридами.

НПО «Зан ва Замин» проводил исследование с целью поиска хранителей традиционных знаний по биологическим ресурсам среди жителей труднодоступных кишлаков (местностей) Таджикистана и сохранения этих знаний, чтобы они служили другим людям. В ходе выполнения предыдущего проекта проведенные нами исследования показали, что некоторые жители знают особые методы прививки растений, в том числе особые способы окулировки, способы обработки земли, подходы к определению даты посева, методы борьбы с вредителями и болезнями растений.

Выявлены знатоки традиционных знаний и определены участки их земель для закладки питомников по выращиванию ценных местных культур, которые находятся под угрозой исчезновения. Для их сохранения в условиях in situ созданы специальные участки в приусадебных хозяйствах

знатоков: в 20 домохозяйствах (по 10 домохозяйств в каждом исследованном районе), выращивающих местные сорта. В хозяйстве фермера Бобоева «Кайбону» организован питомник для размножения и дальнейшего распространения ценных местных сортов.

CONSERVATION OF AGROBIODIVERSITY AND TRADITIONAL KNOWLEDGE ON BIORESOURCES IN MOUINTAIN DISTRICTS OF TAJIKISTAN AS A BASIS FOR GENETIC EROSION PREVENTION

M. A. Mamadalieva, T. B. Boboev, R. K. Karimov, S. D. Azizova, N. I. Kayumova
«Zan va Zamin» («Women and Earth») Public Organization, Dushanbe, Tajikistan, e-mail: maftuna_zan@mail.ru
Kulyab Botanical Garden of the Academy of Sciences of the Republic of Tajikistan, Kulyab, Tajikistan, e-mail: b_mario@mail.ru

Abstract

The richest flora of wild fruits and high skills of Tajik plant growers and breeders facilitated formation of wonderful gene pools of agricultural crops thanks which global horticulture and grape growing have been enriched with new valuable varieties and hybrids.

The «Zan va Zamin» NGO undertook an investigation supported by the Christensen Fund and aimed at identifying holders of traditional knowledge on biological recourses in communities in remote villages of Tajikistan in order to preserve this knowledge and make available to other people.

Implementation of the previous project has identified some community members possessing special knowledge about plant grafting methods, including inoculation techniques, about land cultivation, sowing dates selecting, as well as about methods of pest and disease control.

Traditional knowledge holders have been revealed and plots of their land determined for establishing nurseries for growing endangered valuable local crop varieties. Plots of land have been reserved in homesteads of 20 selected traditional knowledge holders (10 per each investigated district) for in situ conservation of local varieties. A nursery for multiplying and distributing the endangered valuable local varieties has been set up on the household plot of a farmer Kaibonu Boboev.

Горные экосистемы Таджикистана и их уникальное биологическое разнообразие представляют большую ценность для региона. В Таджикистане обитают 162 вида животных и произрастает около 800 эндемичных видов растений. Генофонд видов плодовых культур включает 1457 разновидностей.

Великий знаток истории земледелия академик Н. И. Вавилов культурную флору Таджикистана относил к самобытной, богатой и древнейшей. Здесь родина пшеницы, ржи, ячменя и других зернобобовых культур. Уже первые исследования Н. И. Вавилова в Таджикистане и на сопредельных с ним территориях северного Афганистана выявили изумительное разнообразие и оригинальность видового и сортового состава культурной флоры. Н. И. Вавилов совершенно четко сформулировал свой вывод, когда назвал эти территории очагами формирования ценных культурных растений.

Богатейшая флора дикорастущих видов плодовых растений и высокое искусство таджикских растениеводов и селекционеров позволили создать прекрасный генофонд сельскохозяйственных культур, обогативший садоводство и виноградарство мира новыми ценнейшими сортами и гибридами.

В книге «Пять континентов» Н. И. Вавилов писал, что познакомился с памирским селекционером Абдулом Назаровым из Поршнева. Через свою жену афганку, взятую с левого берега Пянджа, Назаров узнал, что под Кабулом возделывается необычайно скороспелая пшеница, поспевающая на 20 дней раньше, чем обыкновенная памирская. Семена ее были получены. Она действительно оказалась скороспелой и разошлась по всему Памиру под названием «джиндам-джильдак» – скороспелая пшеница.

На полях Абдула Назарова можно было видеть несколько сортов пшеницы. Каждый сорт он мог охарактеризовать: у одного мука хорошая, другой дает много зерна. Такими же были посевы гороха.

По словам академика Вавилова, для ряда растений Афганистан и прилегающие к нему страны представляют один из важнейших первоначальных мировых очагов формообразования. Об этом свидетельствует сортовой состав культурных растений и совпадение границ по сортовому разнообразию многих важнейших европейских и азиатских культур. Здесь определенно находится основной мировой генофонд этих растений.

Вышеизложенные оценки Н. И. Вавилова свидетельствуют о том, что таджикский народ издавна занимался земледелием и животноводством и имеет очень богатый опыт традиционных знаний по биологическим ресурсам и земледельческой культуре.

Однако в советский период семена сортов различных культур были привозными, и этим знаниям и опыту народа не было уделено достаточного внимания, что способствовало потере многих традиций. Тем не менее, некоторые старожилы обладают определенными знаниями по выращиванию сельскохозяйственных культур, ценных для всего человечества. В связи с этим НПО «Зан ва Замин» при финансовой поддержке Кристенсен фонда занимался поиском хранителей традиционных знаний по биологическим ресурсам среди жителей труднодоступных кишлаков (местностей) Таджикистана, сохранением и передачей их человечеству. Поисками занимались в приграничных районах республики: Хамадони, Шурабаде, Муминабаде, Ховалинге, Балджувоне, Ванче и Дарвозе.

Традиционные знания по биоразнообразию являются культурным наследием каждого народа. В течение тысячелетий люди использовали экосистемы для производства продуктов питания. Ими были созданы ценные местные сорта зерновых, бобовых и плодовых растений, в основе которых лежало биоразнообразие. Люди жили со своей окружающей средой, природой и ландшафтом в мире и согласии.

Однако за последнее столетие быстрым темпом идет глобализация общества и происходит развитие рыночного мира, главные приметы которого – прибыль и деньги. Глобализация общества, развитие рынка влияют на существование ценных и оригинальных творений человека и природы – биоразнообразия, культуры, традиций. Сегодня биоразнообразие, лежащее в основе сельского хозяйства, стало исчезать беспрецедентными темпами.

С целью получения большей прибыли человек в своей хозяйственной деятельности стал чаще применять новые продукты и технологии, в том числе гибридные семена, минеральные удобрения, ядохимикаты, ГМО-продукты, механизированные способы обработки почвы, посевов и т. д. Использование коммерческих современных сортов, привезенных из других стран, вместо местных, привело к вытеснению многих стародавних сортов. Их заменили чужие сорта, которые не обладали пищевыми достоинствами местных. В результате многие ценные местные сорта, а также их дикие родичи оказались под угрозой исчезновения. Вместе с ними стали исчезать традиционные знания по биоразнообразию. Сейчас практически никто не обращает внимания на традиционные знания нашего народа.

Хранители традиционных знаний, которых осталось очень мало, даже сами не знают, насколько важны и ценны их опыт и навыки. Общество не уделяет им достаточного внимания и не оказывает поддержки. Многие из хранителей уже в преклонном возрасте. Им 70–80, а некоторым и по 90 лет, т. е. – это уходящее поколение.

В ходе выполнения предыдущего проекта проведенные нами исследования показали, что некоторые жители знают особые способы обработки земли, особые методы прививки растений, подходы к определению даты посева, методы борьбы с вредителями и болезнями растений. Например, фермер Махмадулло из Муминабада применяет раствор, состоящий из перца и растения тхача – тысячелистника. Этот раствор используют против насекомых, т. е. в нем отсутствуют ядохимикаты.

Кроме того, в некоторых районах мы обнаружили нигде не встречающиеся местные сорта. Например, в Ванчском районе впервые нашли сорта желтого и черного маша. В Муминабаде обнаружен ценный местный сорт яблок «Себи пашмак» (волосистое яблоко), который долго хранится и не теряет свежести. Этот сорт очень редко встречается. В исследованных районах произрастают такие культуры, как «бокило», «судур», «гомук» и др.,

с ценными пищевыми качествами. Очень мало осталось ценных местных сортов яблони («себи косим саркори», «чугорисеб», «себи пашмак») и груши («ноки каюн», «ноки Абусаиди», «тарамруд»), обладающих ценными пищевыми и лечебными свойствами.

В связи с вышеизложенным ключевое значение имеет ведение и развитие экологически устойчивого хозяйства, в котором сохранится биоразнообразие и будет гарантирована продовольственная безопасность.

Как рассказывали некоторые жители исследованных нами районов, традиционные знания по ведению хозяйства спасли их от голода в 1992 г. во время гражданской войны в Республике, когда они были оторваны от внешнего мира и находились в горных ущельях. Знания, полученные от отцов и дедов, помогли им выжить.

Жители исследованных районов признают, что хранение и использование традиционных знаний по агробиоразнообразию имеет большое значение для нынешнего поколения людей. Эти знания представляют собой биокультурное наследие нашего народа, их необходимо собирать и передавать молодежи, иначе они могут исчезнуть. Люди не будут знать о тех методах и способах, которые использовали в земледелии наши деды и прадеды.

Следует отметить, что если не принять необходимых мер, традиционные знания по биоразнообразию, ценные редкие местные сорта сельскохозяйственных культур, а также их дикие родичи могут постепенно безвозвратно исчезнуть.

Международным Сообществом приняты такие важные декларации, как Декларация Белем ду Пара, Декларация Куско, в которых изложены принципы защиты биокультурного разнообразия. Республика Таджикистан приняла Конвенцию ООН по биоразнообразию, которая обязывает страны, подписавшие ее, соблюдать пункты, изложенные в Конвенции.

НПО «Зан ва Замин» считает, что необходимо формировать общественное мнение о биокультурном разнообразии Таджикистана, повысить уровень знаний и понимания членами общества ценности и важности традиционных знаний по биоразнообразию, необходимости их сохранения и распространения. Люди должны быть информированы о наличии редких и ценных местных сортов сельскохозяйственных культур в горных районах и важности их сохранения для нынешнего и будущего поколений.

Знатоки традиционных знаний по биоразнообразию составляют интеллектуальный фонд нашей страны. Очень важно, чтобы они почувствовали внимание к себе со стороны общества. Необходимо создать благоприятные условия для сохранения и размножения ценных местных сортов сельскохозяйственных культур, которые находятся под угрозой исчезновения.

Мероприятия по сохранению ценных редких местных сортов сельскохозяйственных культур

Нами созданы условия для сохранения и размножения ценных местных сортов культурных растений, таких как яблоня, груша, маш и др. В рамках проекта сделано следующее.

Выявлены знатоки и определены участки их земель для создания питомников по выращиванию ценных местных культур, которые находятся под угрозой исчезновения.

Для сохранения в условиях in situ выделены специальные участки в приусадебных хозяйствах некоторых хранителей традиционных знаний: всего в 20 домохозяйствах (по 10 домохозяйств в каждом исследованном районе), выращивающих местные сорта.

В хозяйстве фермера Бобоева «Кайбону» организован питомник для размножения и дальнейшего распространения ценных местных сортов.

Готовится закладка двух коллекционных садов, состоящих из ценных редких местных сортов яблони, груши, персика и других культурных растений на территории исследованных районов.

Для 30 хранителей традиционных знаний по биоразнообразию (по 15 человек из района) организован оздоровительный тур на курорты Ходжаобигарм для восстановления их здоровья. Они награждены призами: «Самый лучший прививальщик», «Самый лучший

земледелец», «Самый лучший знаток обработки против болезней и вредителей», «Самый лучший хранитель биоразнообразия» и т. д. по итогам конкурсов и национальных праздников «Сада», «Мехргон» и Международного дня биоразнообразия.

В результате проведения информационно-образовательных мероприятий, в том числе цикла передач по местному и республиканскому телевидению, повысился уровень общественного сознания населения республики о роли биокультурного разнообразия в Таджикистане, его ценности и значении, необходимости сохранения для нынешнего и будущих поколений путем распространения традиционных знаний по биоразнообразию, сохранения и размножения некоторых ценных местных сортов сельскохозяйственных культур, а именно: сортов яблони «себи пашмак», «себи косим саркори», груши «каюн», некоторых местных сортов бобов, таких как «бокило», «черный Маш», «желтый Маш» и др., которые находятся под угрозой исчезновения.

Вышеизложенные мероприятия вносят свой вклад в сохранение биокультурного разнообразия в Таджикистане.

ГЕНЕАЛОГИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ НАСЛЕДОВАНИЯ ТРАНСЛОКАЦИИ T5B.7B В СОРТАХ МЯГКОЙ ПШЕНИЦЫ

С. П. Мартынов[1], Т. В. Добротворская[1], Е. Д. Бадаева[2]

[1]Государственный научный центр РФ Всероссийский научно-исследовательский институт растениеводства им. Н. И. Вавилова РАСХН, Санкт-Петербург, Россия, e-mail: sergej_martynov@vir.mail.ru

[2]Институт молекулярной биологии РАН, Москва, Россия, e-mail: k_badaeva@mail.ru

Резюме

Проведен генеалогический анализ 156 сортов мягкой пшеницы, протестированных С-бэндингом на присутствие транслокации T5B.7B. С помощью кластерного анализа (Q-техника) выявили группы сортов с близкой генетической основой. Дисперсионным и кластерным (R-техника) анализом вкладов ландрас внутри выделенной однородной группы сортов установлена отчетливая связь между присутствием транслокации T5B.7B и ландрасой LV-Одесса через Noe. С помощью генеалогического и статистического анализов, а также прослеживания по развернутым родословным установлено, что наиболее вероятным источником транслокации T5B.7B является стародавний французский сорт Noe.

GENEALOGICAL ANALYSIS OF INHERITANCE OF TRANSLOCATION T5B.7B IN BREAD WHEAT CULTIVARS

S. P. Martynov[1], T. V. Dobrotvorskaya[1], E. D. Badaeva[2]

[1]State Scientific Centre N. I. Vavilov All-Russian Research Institute of Plant Industry of RAAS, St. Petersburg, Russia, e-mail: sergej_martynov@vir.mail.ru

[2]Institute of Molecular Biology RAS, Moscow, Russia, e-mail: k_badaeva@mail.ru

Abstract

The genealogical analysis of 156 bread wheat cultivars scored by C-banding for the presence of translocations T5B.7B was carried out. With the help of the cluster analysis (Q-technique) have revealed of cultivar groups with near similar genetic base. By the analysis of variance and cluster analysis (R-technique) of the contributions of landraces inside the allocated homogeneous group of cultivars distinct connection between presence translocation T5B.7B and landrace LV-Odessa via Noe was established. With the aid of the genealogical and statistical analyses, and also tracing on the developed pedigrees was established, that the most probable source of translocation T5B.7B is the old French cultivar Noe.

Хромосомные перестройки играют важную роль в эволюции растений. Появление

многих важных видов, таких как рожь, полиплоидные пшеница и овес, и многие другие, сопровождалось видоспецифическими транслокациями. Хромосомные перестройки происходят и в процессе внутривидовой дивергенции злаков. Разные варианты транслокаций были найдены у мягкой пшеницы, причем для пшеницы доля генотипов, несущих транслокации, составляет 20%, а в отдельных популяциях она может достигать 70%. Широкое распространение получают лишь некоторые типы перестроек. Например, многие западноевропейские сорта мягкой пшеницы несут транслокацию T5B.7B, которая была впервые описана более 40 лет назад. Высокая частота встречаемости T5B.7B среди западноевропейских сортов пшеницы указывает на хорошую приспособленность сорта с транслокацией к условиям выращивания в этом регионе. Не исключено, что транслокация T5B.7B обладает значительной селекционной ценностью, поскольку в хромосомах 5B и 7B локализованы важные гены, контролирующие рост и развитие растений, такие как скороспелость *per se*, реакция на яровизацию (*Vrn2, Vrn4, Vrn5*), коньюгация гомеологичных хромосом (*Ph1*), устойчивость к септориозу (*Stb1, Stb8*), желтой ржавчине (*Yr2, Yr3, Yr6, Yr19*), желтой пятнистости листьев (*tsn1*) и другим болезням. В то же время эта транслокация, широко распространенная в Европе и особенно во Франции, практически не встречается у сортов мягкой пшеницы из стран с более континентальным климатом, например, России или Украины [2].

Настоящая статья посвящена выявлению доноров и источников транслокации T5B.7B в сортах мягкой пшеницы с помощью генеалогического и статистического анализов.

Материалы и методы

Объектом изучения была совокупность 156 сортов мягкой пшеницы с известными родословными из стран Европы, Азии и Америки. Эти сортообразцы были оценены C-бэндингом на присутствие транслокаций [2]. В изучаемой выборке находилось 43 сорта, несущих транслокацию T5B.7B, и 113 сортов без транслокации (табл. 1).

Таблица 1. Результаты кластеризации сортов мягкой пшеницы по генеалогическим профилям

№	Название	Страна*	№	Название	Страна*	№	Название	Страна*
	Кластер 1		54	Renan	FRA	31	Вымпел Одесский	UKR
1	Amor	DEU	55	Rialto^{T}	GBR	32	Диамант	BGR
2	Apache^{T}	FRA	56	Roazon^{T}	FRA	33	Енола	BGR
3	Apollo^{T}	DEU	57	Rouge de Bordeaux^{T}	FRA	34	Зимородок	RUS
4	Arche^{T}	FRA	58	Saladin	DEU	35	Киянка	UKR
5	Avon	USA	59	Saline	USA	36	Крошка	RUS
6	Beaver^{T}	GBR	60	Soissonnais	FRA	37	Лига 1	RUS
7	Bocquiau	FRA	61	Soissons	FRA	38	Лютесценс 7	UKR
8	Bon Fermier^{T}	FRA	62	Solo^{T}	DEU	39	Мироновская 27	UKR
9	Boulmiche^{T}	FRA	63	Starke	SWE	40	Московская низкостебельная	RUS
10	Campus^{T}	DEU	64	Talent^{T}	FRA	41	Находка Одесская	UKR
11	Canaleja^{T}	ESP	65	Thesee^{T}	FRA	42	Никония	UKR
12	Caphorn	GBR	66	Toronto	DEU	43	Новостепнячка	UKR
13	Cappelle Desprez^{T}	FRA	67	Torre	PRT	44	Обрий	UKR
14	Caribo^{T}	DEU	68	Tumult	NLD	45	Ольвия	UKR
15	Carlotta Strampelli^{T}	ITA	69	Viking Hairy Neck^{T}	GBR	46	Паллада	RUS
16	Carola	DEU	70	Viking^{T}	DNK	47	Пиротрикс 28	KAZ
17	Cato	NLD	71	Viking^{T}	FRA	48	Полукарлик 71	UKR
18	Charger^{T}	GBR	72	Vilmorin 23	FRA	49	Преслав	BGR
19	Cote d Or	FRA	73	Vilmorin 27^{T}	FRA	50	Прибой	UKR

№	Название	Страна*	№	Название	Страна*	№	Название	Страна*
20	Dattel	FRA	74	VPM-1^{T}	FRA	51	Родина	RUS
21	Dippes Dickkopf	DEU	75	Yga Blondeau	FRA	52	Скороспелка 3Б	RUS
22	Encore^{T}	GBR	76	Zemon	BEL	53	Струмок	UKR
23	Etoile de Choisy	FRA		***Кластер 2***		54	Таня	RUS
24	Fakir	DEU	1	Avala	SER	55	Тира	UKR
25	Fakon	DEU	2	Campus^{T}	AUT	56	Тюменская 80	RUS
26	Florida^{T}	DEU	3	Copain^{T}	FRA	57	Украинка Одесская	UKR
27	Goya	FRA	4	Courtot	FRA	58	Украинка Полтавская	UKR
28	Gros Bleu^{T}	FRA	5	Favorit	ROM	59	Хеброс	BGR
29	Grosse Tete	FRA	6	Glennson 81	MEX	60	Херсонская Остистая	UKR
30	Hatif Inversable^{T}	FRA	7	Hartog	AUS	61	Целиноградка	KAZ
31	Haven^{T}	GBR	8	Mara	ITA	62	Чародейка	BGR
32	Hobbit S^{T}	GBR	9	Navid^{T}	IRN	62	Эритросперм. 59	RUS
33	Hornet^{T}	GBR	10	Newton	USA	64	Южная Заря	UKR
34	Hybride 80-3	FRA	11	NS Rana 1	SER	65	Ятрань 60	UKR
35	Hybride de Bersee^{T}	FRA	12	Opata 85	MEX		***Кластер 3***	
36	Hybr. du Joncquois^{T}	FRA	13	Pavon F-76	MEX	1	Florence-Aurore	FRA
37	Institut Agronomique^{T}	FRA	14	Recital	FRA	2	Hezuo 2	CHN
38	Isengrain	FRA	15	Rena	CZE	3	Kenya Settler	KEN
39	Japhet^{T}	FRA	16	Sava	SER	4	Ruso	FIN
40	Jubilar^{T}	DEU	17	Selekta	CZE	5	South Africa 43	ZAF
41	Kent	CAN	18	Solaris	SVK	6	Мильтурум 553	RUS
42	Kranich	DEU	19	Sonalika	IND	7	Уральская 52	RUS
43	Luna	POL	20	St.2422-464	ITA		***Вне кластеров***	
44	Maris Settler	GBR	21	Turpin 7	ZAF	1	Loosdorfer Bart	AUT
45	Marne Desprez^{T}	FRA	22	Wichita	USA	2	NP-875	IND
46	Melbor	FRA	23	Zarrin	IRN	3	Poso^{T}	USA
47	Moisson	FRA	24	Авиада	RUS	4	Probus^{T}	CHE
48	Noe^{T}	FRA	25	Албена	BGR	5	Звезда	RUS
49	Opal	DEU	26	Альбатрос Одесский	UKR	6	Мироновская 808	UKR
50	Ornicar	FRA	27	Безостая 1	RUS	7	Новосибирская 67	RUS
51	Parsel	FRA	28	Будимир	RUS	8	Саратовская 29	RUS
52	Petrus	DEU	29	Булава	RUS			
53	Regain^{T}	FRA	30	Враца	BGR			

Примечание:^{T} – присутствие транслокации T5B.7B.

* – AUS – Австралия, AUT – Австрия, BEL – Бельгия, BGR – Болгария, CHE – Швейцария, CHN – Китай, CZE – Чехия, DEU – Германия, DNK – Дания, ESP – Испания, FIN – Финляндия, FRA – Франция, GBR – Великобритания, IND – Индия, IRN – Иран, ITA – Италия, KAZ – Казахстан, KEN – Кения, MEX – Мексика, POL – Польша, PRT – Португалия, ROM – Румыния, RUS – Россия, SER – Сербия, SVK – Словакия, UKR – Украина, USA – США, ZAF – ЮАР.

Родословные всех сортов развертывали до оригинальных предков и строили генеалогические профили с помощью Информационно-аналитической системы генетических ресурсов GRIS [1]. Для выявления общности происхождения сортов проводили кластерный анализ (Q-техника) матрицы генеалогических профилей $m \times n$, где m – число сортов, n – число ландрас. Подходящий алгоритм кластеризации выбирали на основе приемлемой величины коэффициента кофенетической корреляции ($r \geq 0,75$). Предполагаемые источники транслокации T5B.7B выявляли с помощью двухфакторного дисперсионного анализа вкладов ландрас для плана неорганизованных повторений. Изучаемыми факторами были наличие/отсутствие транслокации (фактор A) с двумя градациями и доминирующие

оригинальные предки (фактор *B*). Повторениями служили сорта из соответствующих групп. Исследование взаимосвязи между транслокацией T5B.7B и оригинальными предками проводили путем кластерного анализа (R-техника) матрицы генеалогических профилей, дополненной вектором признака присутствие/отсутствие транслокации, размерностью $m\times(n+1)$. Кроме того, прослеживали транслокацию T5B.7B по развернутым родословным сортов с помощью системы GRIS. Для кластерного анализа использовали пакет программ NTSYS 2.02c [3].

Результаты и обсуждение

Родословные 156 сортов мягкой пшеницы были прослежены до 216 оригинальных предков, в число которых вошли 175 ландрас из различных регионов мира, 14 образцов зародышевой плазмы других видов и 27 линий неизвестного происхождения.

Для выявления совокупности сортов, имеющих близкую генетическую основу, провели кластерный анализ матрицы генеалогических профилей размерностью 156×216. Использовали двухэтапную процедуру. На первом этапе вычисляли матрицу индексов сходства Ренконена

$$p_{ij} = \sum_{k=1}^{N} \min\left\{x_{ki}, x_{kj}\right\}$$

где x_{ki} и x_{ki} – вклады k-го оригинального предка в i-й и j-й сорта соответственно. Символ min показывает, что суммируется минимальный из вкладов k-го предка у сравниваемых сортов. На втором этапе матрица индексов сходства служила матрицей данных для вычисления новой матрицы сходства, основанной на коэффициентах корреляции. Кластеризацию проводили по алгоритму UPGMA. Большинство сортов сгруппировалось в три кластера. Первый образован 76 западноевропейскими сортами, из которых половина – французские. В этом кластере 38 сортов несут транслокацию T5B.7B. Большинство сортов этого кластера (87%) – производные французских сортов-основателей (Cappelle Desprez, Hybride du Jonquois, Marne Desprez, Prof. Marchal, Nord Desprez, Vilmorin 27 и др.). Второй кластер содержит 65 сортов, это производные сортов-основателей из бывшего СССР (Безостая 1, Одесская 16 и Мироновская 808) – 71%, Западной Европы – 31% и CIMMYT – 40%. Среди них только три сорта – Campus (Австрия), Copain (Франция) и Navid (Иран) – несут T5B.7B. Третий кластер составили 7 сортов, не несущих транслокацию. Восемь сортов не попали в кластеры, среди них 2 сорта с транслокацией – Poso и Probus (см. табл. 1).

Для соблюдения принципа единственного различия статистический анализ провели в совокупности сортов со сходной генетической основой, отдельно по 1-му и 2-му кластерам. Из дальнейшего анализа исключили сорта кластера 3, поскольку среди них не было носителей транслокации, а также сорта, не попавшие в кластеры.

Для выявления различий по средним вкладам оригинальных предков между группами сортов из кластера 1 с транслокацией T5B.7B и без нее взяли 10 доминирующих ландрас, которые встречаются в родословных с частотой 40–87%. Вклады этих ландрас, вычисленные по суммарным коэффициентам путей Райта между ландрасами и анализируемыми сортами, подвергли двухфакторному дисперсионному анализу (фактор *A* – группы по присутствию/отсутствию транслокации, фактор *B* – доминирующие ландрасы). Исходными данными были генеалогические профили сортов, сгруппированных по присутствию/отсутствию транслокации. Поскольку размеры групп были одинаковыми, получили равномерный дисперсионный комплекс. Дисперсионный анализ (табл. 2) показал высокую значимость различий между группами по транслокации (фактор *A*), между средними вкладами доминирующих ландрас (фактор *B*), а также взаимодействия (*A*□*B*). Последнее указывает на различия в распределении вкладов доминирующих ландрас в группах по присутствию/отсутствию транслокации.

Таблица 2. Дисперсионный анализ вкладов доминирующих ландрас в группах по присутствию/отсутствию транслокации T5B.7B у сортов мягкой пшеницы из кластера 1

Источник варьирования	SS	DF	MS	F
Общее	4,575	759	–	–
Группы по присутствию/отсутствию транслокации (фактор *A*)	0,021	1	0,021	4,42*
Доминирующие ландрасы (фактор *B*)	0,877	9	0,098	20,87*
Взаимодействие *A*×*B*	0,220	9	0,024	5,23*
Ошибка	3,457	740	0,005	–

*Значимо на уровне P<0,001.

Сравнение средних вкладов доминирующих ландрас между группами по присутствию/отсутствию транслокации (табл. 3) показывает, что сравниваемые группы значимо различаются по вкладам только двух ландрас, причем одна (LV-Одесса через Noe) преобладает в группе сортов, несущих T5B.7B, а другая (Mediterranean) – в группе сортов без транслокации. Поэтому можно предположить, что источником транслокации T5B.7B является стародавний французский сорт Noe.

Таблица 3. Средние вклады* доминирующих ландрас в группах по присутствию/отсутствию транслокации T5B.7B у сортов мягкой пшеницы из кластера 1

Название ландрасы†	Частота встречаемости, %	Группы сортов	
		несущие T5B.7B	без транслокации
LV-Одесса (через Noe)	86,8	0,174*	0,073
Ble Seigle	64,5	0,060	0,045
Mediterranean	81,6	0,057	0,096*
Introduction from GBR	65,8	0,058	0,047
Ostka Galicyjska	50,0	0,021	0,025
LV-ENG через Prince Albert	59,2	0,024	0,030
Rieti	56,6	0,044	0,022
Crimean	40,8	0,015	0,010
Squarehead type from Norfolg	57,9	0,012	0,012
LV-Sahara (через El Krelof)	43,4	0,009	0,010

†LV-ландраса (местный сорт-популяция).
*Различия значимы на уровне P<0,05.

Дисперсионный комплекс, составленный по сортам кластера 2, получился неравномерным, поскольку в группе с транслокацией только 3 сорта, а в группе без транслокации – 62 сорта. Тем не менее, дисперсионный анализ вкладов ландрас у сортов кластера 2 также показал высокую значимость различий в распределении вкладов доминирующих ландрас в группах по присутствию/отсутствию транслокации. При этом вклад LV-Одесса через Noe также был значимо выше у сортов с транслокацией (0,051 против 0,008).

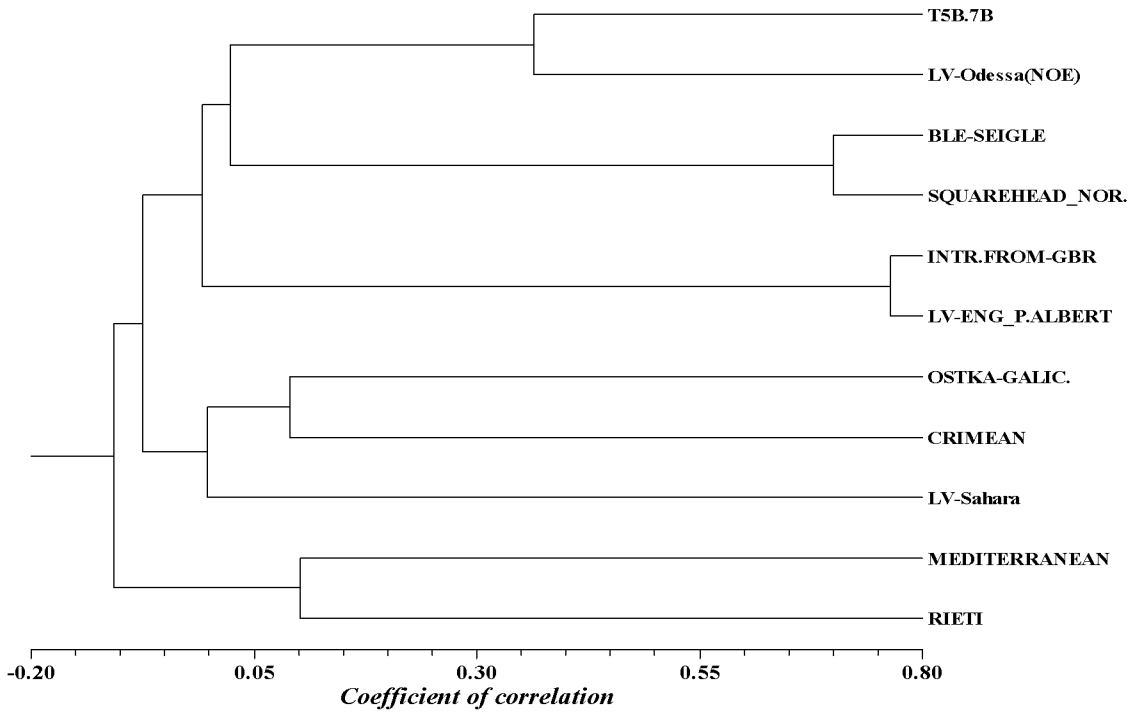
Для выявления взаимосвязи между присутствием/отсутствием транслокации T5B.7B и ландрасами, входящими в состав генеалогического профиля, использовали R-технику кластерного анализа. В матрице данных строки соответствовали сортам из кластера 1, а столбцы – признакам, в качестве которых были оригинальные предки этих сортов (местные сорта-популяции или ландрасы), а также признак присутствия/отсутствия транслокации. Присутствие T5B.7B обозначали 1, отсутствие – 0. Матрицу данных подвергли стандартизации. В качестве меры сходства взяли коэффициент корреляции. Кластерный анализ (рис.) показал отчетливую связь между присутствием транслокации T5B.7B и ландрасой LV-Одесса через Noe.

Адекватность выявленной связи между присутствием транслокации и присутствием в родословной сорта Noe проверили путем прослеживания транслокации T5B.7B по

развернутым родословным 43 сортов. Прослеживание транслокации показало, что у 28 сортов (65%) донорами транслокации T5B.7B могли быть Cappelle Desprez и/или Hybride du Joncquois и Vilmorin 27. У 12 сортов (28%) донором транслокации был стародавний сорт Noe или отборы из Noe – Gros Bleu, Rouge de Bordeaux. При этом источником транслокации в этих 40 сортах с большой вероятностью является стародавний французский сорт Noe. Сравним два иранских сорта: Navid (T5B.7B*)* = Nord Desprez/2*Selection 101(Hyslop)//Siete Cerros 66 и Zarrin (non–T5B.7B*)* = Nainari 60/Heines VII//Buckbuck/3/F-59-71/Goshawk – производные сортов CIMMYT. В родословную Navid входит французкий сорт Nord Desprez = Vilmorin 27/Hybride du Joncquois, который является донором T5B.7B.

У трех сортов (Canaleja, Poso и Probus) не удалось выявить источник транслокации, хотя в родословные первых двух входит сорт Du Toit, отобранный из неизвестной французской интродукции. Не исключено, что происхождение этих сортов не соответствует объявленной родословной.

Интересно отметить, что в Российской Федерации (бывш. СССР) в 1930-х гг. были районированы сорта Ное Самарский (1934–1954), Ное Западносибирский (1929–1933), Ное Селекционная (1933–1948), а также сорта, выведенные отбором из Ное: Лютесценс Б-35 (1947–1957), Лютесценс 801 (1950–1968) и Лютесценс 956 (1939–1957). Анализ этих сортов на присутствие транслокаций методом С-бэндинга показал, что ни один из них не несет транслокации T5B.7B. Можно предположить, что российские сорта Ное и французский сорт Noe имеют различное проихождение, или в результате искусственного и естественного отбора в процессе адаптации к условиям России сорт-популяция Noe «потерял» транслокацию T5B.7B.



Дендрограмма кластерного анализа ландрас и признака присутствия/отсутствия транслокации в наборе 76 сортов мягкой пшеницы кластера 1. Алгоритм кластеризации – UPGMA

Таким образом, с помощью генеалогического и статистического анализов, а также прослеживания по развернутым родословным установлено, что наиболее вероятным источником транслокации T5B.7B является стародавний французский сорт Noe.

Литература

1. *Мартынов С. П., Добротворская Т. В.* Анализ генетического разнообразия пшеницы с помощью Информационно-аналитической системы генетических ресурсов GRIS // Генетика. 2000. Т. 36 (2). С. 195–202.
2. *Badaeva E. D., Dedkova O. S., Gay G, Pukhalskyi V. A., Zelenin A. V., Bernard S., Bernard M.* Chromosomal rearrangements in wheat: their types and distribution // Genome. 2007. V. 50 (10). P. 907–926.
3. *Rohlf F. J.* NTSYSpc. Numerical taxonomy and multivariate analysis system, version 2.02c. Exeter // Software. New York, 1998.

ОСОБЕННОСТИ ЭЛЕМЕНТНОГО СОСТАВА И СТРУКТУРЫ ПОВЕРХНОСТИ ПЛОДОВ СЛИВЫ

С. М. Мотылева

Государственное научное учреждение Всероссийский научно-исследовательский институт селекции плодовых культур, г. Орел, Россия, e-mai: agro@vniispk.ru

Резюме

Приводятся данные микроэлементного состава плодов 6 сортов сливы разного генетического происхождения и особенности микроструктуры поверхности плодов, полученные методом энергодисперсионной спектрометрии и сканирующей электронной микроскопии. Установлена сортовая специфичность элементного состава золы плодов и кожицы сливы. Выявлены структурные различия кожицы плодов, наличие или отсутствие на ней устьиц. Результаты подробно проанализированы

THE PECULIARITIES OF THE ELEMENTAL COMPOSITION AND STRUCTURE OF PLUM FRUIT SURFACE

S. M. Motyleva

The State Scientific Institution The All-Russian Research Institute of Horticultural Breeding, Orel, Russia, e-mail: agro@vniispk.ru

Summary

The data are cited for the micro elemental fruit composition of 6 plum varieties of different genetic origin and the peculiarities of the micro structure of fruit surface obtained by energy dispersion spectrometry and scanner electron microscopy are shown. The varietal specificity of the elemental composition of plum fruit ashes and skin has been determined. The structural differences of fruit skin and presence or lack of stomata on it have been revealed. The results are detailed.

Слива домашняя (*Prunus domestica* L.) – ценная скороплодная урожайная плодовая культура. По калорийности плоды сливы уступает лишь винограду и вишне, превосходя яблоки, груши, абрикосы, персики, смородину, малину и землянику. Известно, что плоды сливы содержат много калия и фосфора, меньше натрия, кальция, и железа. Для организма человека минеральные вещества относятся к незаменимым, хотя они и не являются источником энергии. Они играют важную роль в различных обменных процессах организма: выполняют пластическую функцию, участвуя в построении костной ткани, регуляции водно-солевого и кислотно-щелочного равновесия, входят в состав ферментных систем. Концентрация минеральных веществ обусловлена генетически, однако в условиях неблагоприятной экологической обстановки плоды могут накапливать и антипитательные микроэлементы – токсичные тяжелые металлы, содержание которых. регламентируется медико-биологическими требованиями и санитарными нормами качества. Получение плодово-ягодной продукции с минимальным содержанием ТМ входит в программу

разработки интенсивных технологий выращивания растений и получения качественных урожаев. В современной ситуации вопрос адаптивности и устойчивости, существующих и вновь создаваемых сортов к тяжелым металлам приобретает исключительную актуальность.

Поверхность плодов выполняет защитные функции, следовательно, ее можно рассматривать как адаптивную структуру, существующую в тесной связи с условиями окружающей среды. Использование сканирующей электронной микроскопии, позволяет не только увидеть все структурные особенности поверхности, но и получить информацию об их взаиморасположении [1].

Материал и методика.

Объектами исследования были плоды шести сортов сливы, выращиваемые в садах ГНУ ВНИИСПК. Отбор образцов проводили в соответствии с «Программой и методикой сортоизучения плодовых, ягодных и орехоплодных культур» [3]. Исследование микроструктуры поверхности плодов сливы проводили в режиме низкого вакуума на сканирующем электронном микроскопе Jeol JSM 63-90 (Япония). Элементный (зольный) состав плодов сливы определяли методом локальной энергодисперсионной спектрометрии на ЭДС-анализаторе «Мини-куб», совмещенным с микроскопом. Обработку полученных данных проводили с использованием программы Excel.

Обсуждение результатов.

Исследовано количественное содержание (в масс.%) 13 основных элементов, составляющих минеральную часть кожицы и целых плодов сливы (табл.). Элементы образуют ряд, характерный для всех сортов: K>P>Ca>Mg>Na≈S>Fe>Zn≈Cu>Mn≈Co>Ni≈Pb. Основную долю зольных элементов составляет калий, его содержание в плодах от 44,6 до 57, 49, в кожице от 25,11 до 41,98 (%) соответственно. Для всех сортов ярко выражено более низкое содержание калия в кожице, в среднем на 10% меньше, по сравнению с плодом. Содержание фосфора в золе плодов колеблется от 6,36% до 12, 88 %, а в золе кожицы плодов – от 7,07 % до 11,33%. Причем, у сортов Комета, Евразия и Скороплодная доля фосфора в кожице в 1,5-2 раза выше, чем в плодах. У сортов Орловская мечта, Аленушка и Рекорд, наоборот, доля фосфора в плодах в 0,3-2 раза выше, чем в кожице.

Элементный состав плодов сливы ($\bar{x}$ 2006-2008 гг.)

Определяемые элементы, масс/% в золе	Исследуемые сорта												Коэффициент варьирования, %
	Орловская мечта		Аленушка		Скоро-плодная		Евразия		Рекорд		Комета		
	слива китайская						*слива домашняя*				*алыча*		
	Целый плод	Кожица	Целый плод	Кожица	Целый плод	Кожица			Целый плод	Кожица	Целый плод	Кожица	
1	*2*	*3*	*4*	*5*	*6*	*7*	*8*	*9*	*10*	*11*	*12*	*13*	*14*
Na	2,12	1,54	4,12	0,86	0,3	1,72	1,22	1,65	1,73	1,08	2,71	3,05	64,6
K	45,81	36,78	44,6	30,97	57,49	40,85	49,71	37,05	50,78	41,92	48,5	25,11	9,2
P	12,88	11,33	9,81	7,84	6,49	8,89	6,86	10,38	7,27	7,07	6,36	8,61	31,2
S	2,87	1,69	1,66	1,72	1,38	1,83	1,38	1,7	1,11	1,41	2,43	2,32	38,3
Ca	3,94	2,91	2,95	4,01	4,22	5,67	2,48	9,28	6,49	12,12	5,25	13,6	35,0
Mg	4,98	3,62	4,69	4,11	3,33	4,62	2,48	4,8,	3,39	5,67	2,76	6,98	28,2

1	*2*	*3*	*4*	*5*	*6*	*7*	*8*	*9*	*10*	*11*	*12*	*13*	*14*
Mn	0,13	0,12	0,16	0,17	0,07	0,03	0,09	0,12	0,08	0,11	0,05	0,13	42,2
Cr	0,06	0,04	0,04	-	0,01	-	-	-	0,01	0,03	0,03	0,01	70,7
Fe	0,15	0,14	0,94	1,14	0,13	0,33	0,08	0,31	0,31	0,26	0,33	0,76	98,5
Co	0,11	0,08	0,07	0,12	0,18	-	0,15	0,01	0,10	0,06	0,09	0,09	34,9
Cu	0,24	0,13	0,08	0,28	0,31	0,28	0,41	0,37	0,34	0,54	0,44	0,39	43,1
Ni	0,07	0,08	-	0,19	0,06	0,10	0,05	0,09	0,11	0,26	Сл,	0,19	36,3
Zn	0,18	0,32	0,12	0,09	0,03	0,16	0,06	0,45	0,14	0,26	0,24	0,21	60,1
Pb	0,04	0,08	0,06	0,08	сл.	0,21	0,03	0,19	сл.	0,01	0,15	0,20	78,25
O*	35,58	32,14	31,41	48,77	26,37	36,31	37,48	33,6	28,23	33,18	31,00	38,4	

* доля кислорода определена из расчета окисла, соответствующего элементу

Кальция в среднем в 2-4 раза больше содержится в золе кожицы сливы, чем в плодах.. Содержание магния колеблется в пределах от 2,48 до 4,98% в плодах и от 3,69 до 6,86 в кожице. Сорта Комета, Евразия, Скороплодная и Рекорд накапливают магния больше в кожице в 1,5-2,5 раза больше, чем в плодах. Доля натрия не велика и составляет от 0,3% до 4,12% в плодах и от 0,86% до 3,05% в кожице. Максимальное содержание натрия выявлено в сортах Аленушка и Комета. Доля серы колеблется от 1,11% до 2,87%, характер накопления в плодах и кожице примерно одинаков, кроме сорта Орловская мечта, в котором содержание серы в плодах в 2 раза выше, чем в кожице. Органическое железо является ценным соединением для организма человека. По содержанию железа выделяется сорт Аленушка, в котором содержание железа в 3-5 раз выше, чем в остальных сортах. Цинк и медь являются также важными биогенными элементами. Максимальные количества цинка 1,18% и 0,24% содержатся в плодах сортов Орловская мечта и Комета. У сортов Орловская мечта, Евразия и Рекорд содержание цинка в кожице в среднем в 2 раза выше, чем в плодах. Максимальные количества меди выявлены у сортов Комета, Евразия, Скороплодная и Рекорд и составляют от 0,31% до 0,44%, различия между содержанием элемента в плодах и кожице не значительны. Сорт Аленушка характеризуется минимальным содержанием меди в плодах – 0,08%. В кожице сортов Аленушка и Рекорд содержание меди в 2,5 и 1,5-раза выше, чем в плодах. Доля марганца выше в кожице, чем в плодах 1,5 – 2 раза у сортов Комета, Евразия, Аленушка и Рекорд, а у сорта Скороплодная содержание марганца в кожице в 3 раза меньше, чем в плодах. Содержание кобальта в плодах сливы колеблется в пределах от 0,07 до 0,15%. У сорта Комета его содержание в плодах и кожице одинаково, сорта Орловская мечта. Евразия, Рекорд и Скороплодная содержат в кобальт в кожице от 0,3 до 18 раз меньше, чем в плодах, а у сорта Аленушка наоборот, в кожице кобальта содержится в 3 раза больше, чем в плодах.

Доля никеля и свинца в плодах составляет от следовых количеств до 0,26%. Для этих элементов характерно максимальное накопление в кожице, в 0,5-2 раза больше по сравнению с плодами. Ранее [2] было установлено, что среднегодовой приход цинка, меди, свинца и никеля с атмосферными осадками в районе ГНУ ВНИИСПК составляет соответственно 3556,5; 102,9; 82,3 и 24,3 мг/м^2, а суммарный – 3766 мг/м^2. Следовательно, преимущественное накопление абиогенных элементов в кожице обусловлено их аэральным поступлением.

Высокий коэффициент варьирования, характерный для содержания в золе таких элементов как Na, Cr, Fe, Zn и особенно Pb свидетельствует о их «случайном» накоплении, связанном с одной стороны с условиями внешней среды, с другой стороны с адаптивными свойствами конкретного сорта.

Средний коэффициент варьирования от 28,2 до 43,1% характерен для биологически-значимых для культуры слива элементов, а пределы их накопления обусловлены сортовыми особенностями.

Низкий коэффициент варьирования калия -9,2% свидетельствует о стабильности накопления этого элемента культурой и мало зависит от сорта.

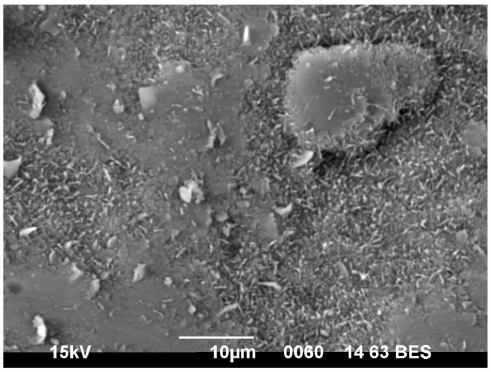
Сравнение элементного состава сортов сливы китайской позволило установить общие

черты и сортовые особенности. Общими являются закономерности накопления элементов в плодах и кожице. Сортовые различия касаются накопления отдельных элементов, так максимальное содержание фосфора, серы, меди, никеля и цинка наблюдается у сорта Орловская мечта; максимальное содержание железа и марганца и минимальное содержание никеля и меди – у сорта Аленушка. Сорт Скороплодная содержит минимальные количества хрома, марганца в плодах и максимальное количество свинца в кожице.

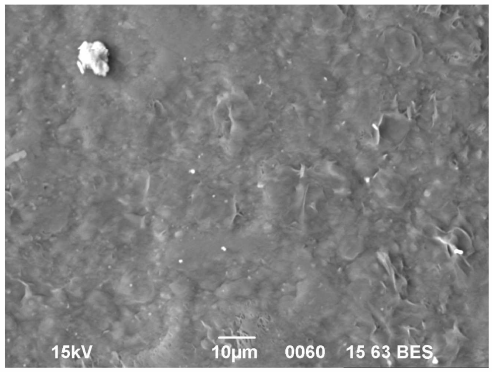
Сорта сливы домашней идентично накапливают 8 из исследуемых элементов; максимальное содержание фосфора и меди характерно для сорта Евразия, а максимальное накопление натрия, никеля и цинка характерно для сорта Рекорд.

Для сорта Комета (алыча) характерно максимальное накопление в кожице, по сравнению с плодом 9 из исследуемых элементов.

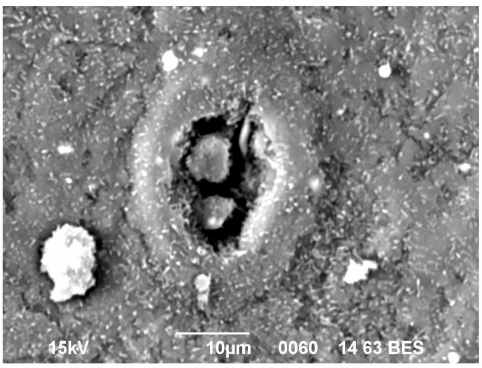
Большой интерес представляет изучение качества плодов, которое определяется не только химическим составом, но и особенностями структуры поверхности, имеющей важное значение для выявления и создания адаптивных сортов.



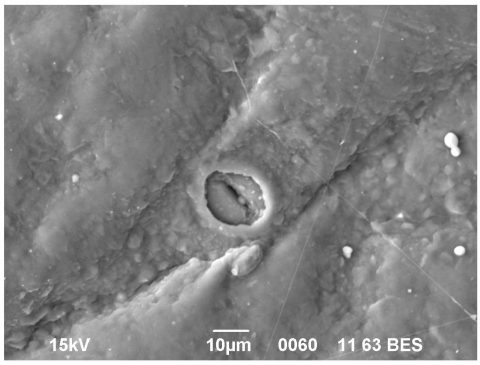
1. Евразия



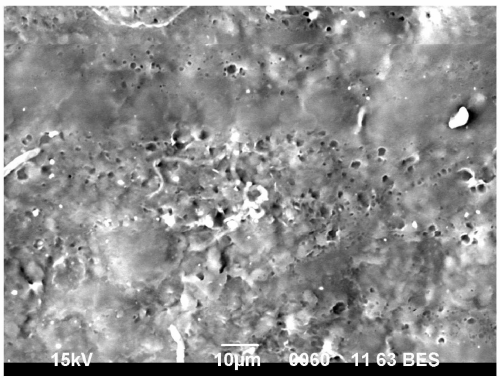
2. Орловская мечта



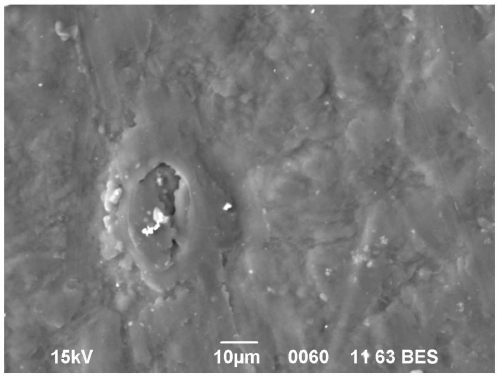
3. Рекорд



4. Скороплодная



5. Комета



6. Аленушка

Особенности микроструктуры поверхности плодов сливы

Использование сканирующей электронной микроскопии позволило выявить разнообразие и особенности микрорельефа поверхности плодов сливы. На малых увеличениях под слоем эпитикулярного воска просматриваются очертания эпидермальных клеток. Характер отложений воска специфичен для каждого сорта. На рисунке представлены характерные фотографии, выполненные при увеличении 2000. Каждый сорт имеет свой, неповторимый рельеф поверхности. Однако выделяются признаки, характерные для сортов китайской группы и сортов сливы домашней. Сорта Орловская мечта, Скороплодная и Аленушка характеризуются более ровным, плотным слоем воска, а сорта Евразия и Рекорд имеют восковой слой с пластинчатыми и игольчатыми образованиями. Хорошо видны светлые микровключения, углубленные в структуру воска (частички пыли или инкрустирующие частицы кальция, поскольку в кожице этих сортов содержится максимальное количество кальция). Кожица сорта Комета покрыта мелкопористым слоем воска, который может обладать адсорбционными свойствами, поэтому в кожице именно этого сорта содержится значительно больше металлов, чем в плодах.

На поверхности кожицы плодов некоторых сортов имеются устьица, различающиеся по форме, строению и размерам.

Сведения, полученные при изучении микроструктуры поверхности кожицы плодов сливы расширяют представление о ее роли в адаптации растений к условиям произрастания, важны для выявления перспективных сортов и прогнозирования устойчивости сортов к загрязнению тяжелыми металлами.

Выводы

1) Зольный состав плодов сливы представлен элементами, которые образуют ряд: K>P>Ca>Mg>Na≈S>Fe>Zn≈Cu>Mn≈Co>Ni≈Pb.
2) Особенность накопления элементов в плодах и кожице зависит от генетического происхождения и особенностей сорта.
3) Для всех исследуемых сортов сливы характерно преимущественное накопление свинца в кожице плодов.
4) Получены данные о микроструктуре поверхности плодов 6 сортов сливы. Установлено, что сорта различаются по характеру восковых отложений на поверхности плодов, наличию или отсутствию устьиц. Выявлена связь между характером восковых отложений и накоплением тяжелых металлов в кожице.

Литература

1. *Джунипер Б.Э., Джеффри К.Э.* Морфология поверхности растений//Пер.с англ. Н.П.Матвеевой. Под ред. И.П. Ермакова и Ю.В.Кочетова. Москва Агропромиздат, 1986. С.25-42.
2. *Мотылева С.М.* Особенности содержания тяжелых металлов (Pb, Ni, Zn, Fe, Cu) в плодах, ягодах и атмосферных осадках в связи с оценкой сортов для использования в селекции Диссертация на соискание ученой степени кандидата сельскохозяйственных наук. Орел 2000.-С.137.
3. Программа и методика сортоизучения плодовых, ягодных и орехоплодных культур. Орел: ВНИИСПК. 1999. С.138.

ИССЛЕДОВАНИЕ МЕЖ - И ВНУТРИВИДОВОГО ГЕНЕТИЧЕСКОГО РАЗНООБРАЗИЯ ТРИПЛОИДНЫХ КУЛЬТУРНЫХ ВИДОВ КАРТОФЕЛЯ В ЗАВИСИМОСТИ ОТ ИХ ГЕОГРАФИЧЕСКОГО ПРОИСХОЖДЕНИЯ

А. Б. Овчинникова, О. Ю. Антонова, Л. Ю. Новикова, Л. В. Багмет, Е. А. Крылова, Т. Н. Смекалова, Т. А. Гавриленко

Государственный научный центр РФ Всероссийский научно-исследовательский институт растениеводства им. Н. И. Вавилова РАСХН, Санкт-Петербург, Россия,
e-mail: annaspb.83@mail.ru

Резюме

Для триплоидных культурных видов *S. juzepczukii* Juz. et Buk. и *S. chaucha* Juz. et Buk было проведено изучение меж- и внутривидовой генетической изменчивости образцов по аллельному составу 8-ми ядерных микросателлитных (nSSR) локусов, что позволило разделить образцы этих двух видов, а также выделить группирование образцов внутри одного вида. Изученные образцы вида *S. juzepczukii* разделились на 2 кластера, что может быть связано с их географическим распространением. Влияния географических координат на кластеризацию образцов *S. chaucha* выявлено не было.

INTER- AND INTRASPECIFIC GENETIC DIVERSITY OF THE TRIPLOID CULTIVATED POTATO SPECIES DEPENDING ON THEIR GEOGRAPHIC ORIGIN

A. B. Ovchinnikova, O. Yu. Antonova, L. Yu. Novikova, L. V. Bagmet, E. A. Krylova, T. N. Smekalova, T. A. Gavrilenko

State Scientific Centre N. I. Vavilov All-Russian Research Institute of Plant Industry of RAAS, St. Petersburg, Russia, e-mail: annaspb.83@mail.ru

Abstract

Inter- and intraspecific genetic variation has been ivestigated for different geographic populations of triploid cultivated species *S. juzepczukii* Juz. et Buk. and *S. chaucha* Juz. et Buk. using 8 nuclear microsatellites (nSSR). Based on the results of nSSR analysis, *S. juzepczukii* and *S. chaucha* accessions could be clearly differentiated. The studied *S. juzepczukii* accessions broke into 2 clusters that could be explained by their geographic distribution. No dependence of the geographic factor on clustering of *S. chaucha* accessions has been revealed.

Сотрудники ВИР первыми организовали экспедиции в страны Центральной и Южной Америки, описали разнообразие культурных видов картофеля [11] и установили наличие у них полных полиплоидных рядов (2x-5x) [10]. В последующее развитие системы культурных видов значительный вклад внесли С. М. Букасов [2 – 6], В. С. Лехнович [9], К. Доддс [12], Дж. Хокс [15], К. Очоа [17], Д. Спунер [16], Л. Е. Горбатенко [8]. Неоднозначный подход к пониманию объема и структуры вида и использование разных методов классификации привели к существенным различиям и даже противоречиям в построении систем культурных видов картофеля. В частности, различны взгляды систематиков на группу триплоидных культурных видов картофеля. Так, С. М. Букасов [6] в своей системе рассматривал 5 триплоидных видов, а именно: *S. juzepczukii*, *S. chaucha*, *S. cuencanum* Juz. et Buk., *S. mamilliferum* Juz. et Buk., *S. tenuifilamentum* Juz. et Buk., в то время, как Дж. Хокс [15] признавал самостоятельность только двух триплоидных видов: *S. chaucha*, *S. juzepczuki*. Остальные триплоидные виды он рассматривал в пределах вида *S. chaucha*. Необходимо отметить, что самостоятельность *S. juzepczukii* не вызывала сомнения исследователей, различия были во взглядах на объем *S. chaucha*. Такие разногласия еще раз подчеркивают сложность определения объёма культурных видов и, как следствие, проблему сохранения всего спектра генетического разнообразия видовых систем в коллекциях разных генбанков.

По мнению С. М. Букасова [7], центром наибольшего видового разнообразия культурного картофеля являются горные районы Перу и Боливии. Здесь наблюдается активный формообразовательный процесс, результатом которого является, в том числе, и появление межвидовых гибридов. При удалении от центра разнообразия частота возникновения межвидовых гибридов резко падает [6].

Триплоидный культурный вид *S. juzepczukii* произрастает в высокогорных районах Перу, Боливии и в северо-западной Аргентине на высоте от 2800 до 4420 м над ур. м. [1, 7–9, 15, 16]. По мнению ряда исследователей, *S. juzepczukii* произошел от скрещивания одного из диплоидных видов культурного картофеля с тетраплоидным видом *S. acaule* Bitt. [1, 18, 19].

Ареал триплоидного *S. chaucha* охватывает горные районы Перу, Боливии на высоте от 2500 до 4000 м над ур. м. [1, 7–9, 15, 16]. Существуют противоречивые гипотезы о

происхождении данного вида. По мнению В. С. Лехновича [9], *S. chaucha*, по всей вероятности, является аутотриплоидным видом, в то время, как Д. Хокс [15] считает, что этот вид произошел в результате гибридизации *S. tuberosum subsp. andigenum* (Juz. et Buk) Hawkes и *S. stenotomum* Juz. et Buk.

Цель работы – изучение меж- и внутривидового разнообразия триплоидных культурных видов, а также изучение географического распространения *S. chaucha* и *S. juzepczukii*.

Материалом для настоящего исследования послужили 38 образцов триплоидных культурных видов картофеля, из них 12 образцов – *S. juzepczukii* и 26 образцов – *S. chaucha* из разных точек ареалов видов.

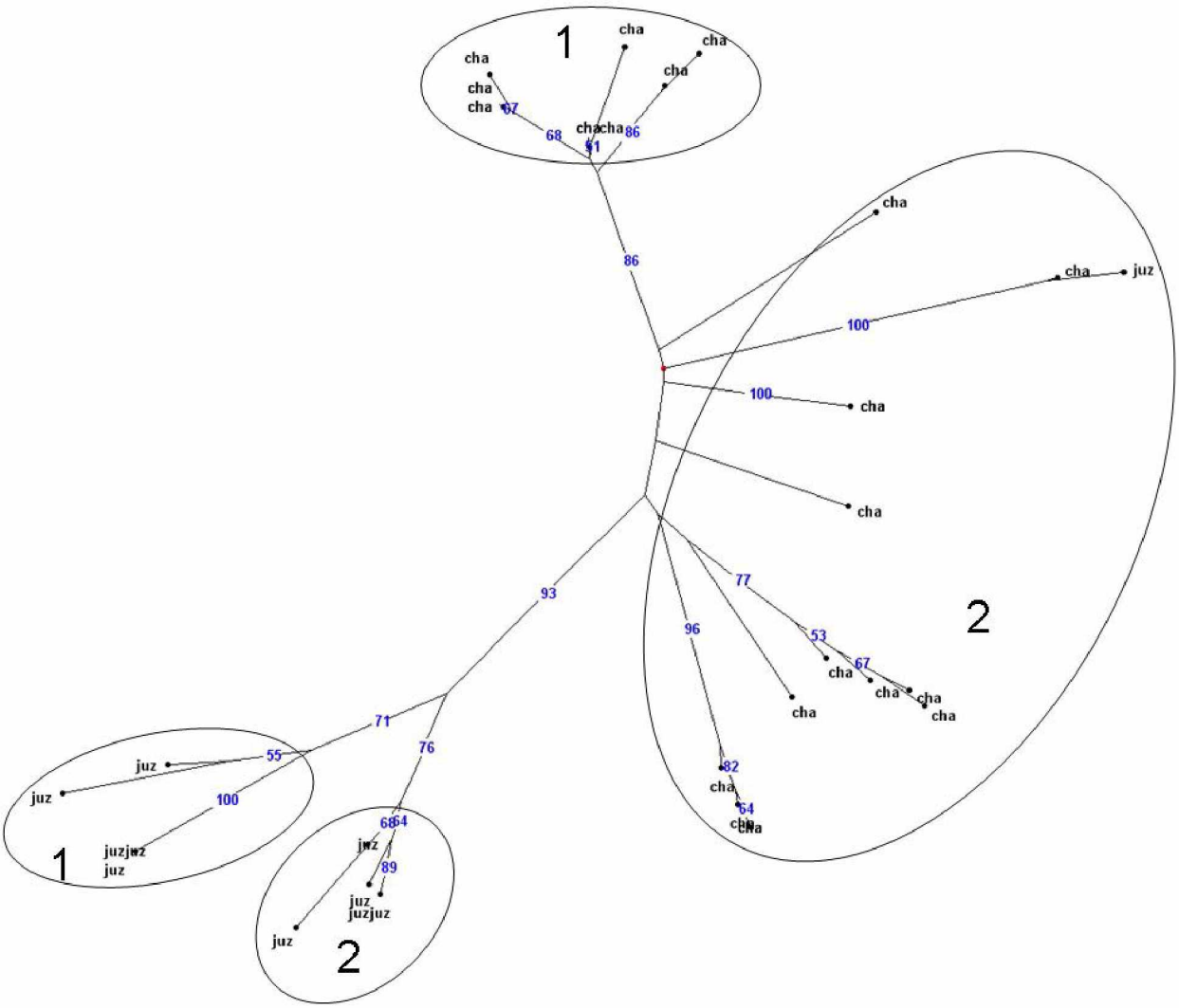


Рис. 1. Группирование исследованных образцов *S. juzepczukii* и *S. chaucha* на основе анализа полиморфизма восьми nSSR-локусов

ДНК выделяли из листьев растений картофеля методом Винанда и Файкса [20] с небольшими модификациями. Генетическое разнообразие *S. juzepczukii* и *S. chaucha* изучали с использованием восьми микросателлитных (nSSR) локусов с известной хромосомной локализацией [13, 14]. Разделение амплифицированных фрагментов проводили с помощью системы LI-COR 4300S. Для обработки и документации результатов использовали программу SAGA Generation 2 software. Для статистической обработки полученных результатов применяли: кластерный анализ, метод ближайшего соседа (Neighbor Joining) с использованием программы DarWin v5.0.157. Карты географического распространения («точек сбора») образцов были построены с использованием ГИС-технологий с помощью программы MapInfo 9.5.



Рис 2. Места сбора образцов *S. juzepczukii*



Рис 3. Места сбора образцов *S. chaucha*

Из 12 исследованных образцов *S. juzepczukii* половина (6 образцов) происходит из Перу (департаменты Junin, Puno, Cusco, Apurimac), 5 – из Боливии (департаменты La Paz, Oruro) и 1 – из Аргентины (департамент Jujuy) (рис. 2).

По результатам SSR-анализа изученные образцы *S. juzepczukii* разделились на 2 кластера (рис. 1). Первую группу образовали 4 из 12 образцов *S. juzepczukii* из Перу и Боливии с широтой происхождения от -11.82° до -16.9° и долготой от -69.04° до -75.38° (рис. 2). Значение бутстреп оценки для данного кластера превышало 70%, что свидетельствует о надежности построенной группировки (рис. 1). Во вторую группу вошли 7 из 12 образцов *S. juzepczukii* из Перу, Боливии и Аргентины с широтой происхождения от -17.67° до -22.2° и долготой от -65.92° до -72.20° (рис. 2). Значения бутстреп оценки для этой группы также были больше 70% (рис. 1).

Таким образом, образцы первой группы произрастали в регионах, расположенных ближе к экватору и западнее регионов произрастания образцов второй группы (рис. 2). Не выявлено эффекта влияния высоты над ур. м. на группирование образцов *S. juzepczukii*, произрастающих на высоте от 3300 до 3920 м над ур. м. Отдельно от всей совокупности образцов *S. juzepczukii* расположен образец к-25011 из Перу (рис. 1). По материалам первоописания данный образец переопределен нами как *S. chaucha*.

Из 26-ти исследованных образцов *S. chaucha* 24 происходят из Перу (департаменты Puno, Pasco, Huanuco, Lima, Jinin, Huancavelica, Cuzco, Cajamarca, Ayacucho), 1 – из Боливии (департаменты La Paz, Potosi), 1 – из Эквадора (департамент Bolivar) (рис. 3). В выборку включен 1 образец *S. chaucha* из Эквадора, хотя, по литературным данным [1, 7–9, 15, 16], ареал этого вида ограничен территориями Перу и Боливии. Изученные образцы *S. chaucha* также разделились на две группы (рис. 1). Детальный анализ не выявил влияния географических координат, высотной зональности и страны происхождения на группирование образцов *S. chaucha*.

Полученные результаты являются дополнительным аргументом в пользу самостоятельности двух видов *S. juzepczukii* и *S. chaucha*: они четко дифференцируются между собой по комплексу морфологических признаков, и высокая степень их генетической дифференциации подтверждена статистически (рис. 1). При этом ареалы обоих исследуемых видов фактически совпадают и ограничены департаментами Junin, Puno, Cusco в Перу и департаментом La Paz в Боливии.

Выявленное внутривидовое разнообразие гибридогенных триплоидных видов может быть связано с их географическим распространением (*S. juzepczukii*), а также обусловлено полиморфизмом родительских видов.

Данная работа поддержана грантом МНТЦ 3329.

Литература

1. *Букасов С. М.* Картофели Южной Америки и их селекционное использование. Л., 1933. 53 с.
2. *Букасов С. М.* Селекция картофеля / Под ред. Н. И. Вавилова // Теор. основы сел. раст. 1937. Т. 3. С. 3–76.
3. *Букасов С. М.* Система видов картофеля // Пробл. бот. 1955. Вып. II. С. 317–326.
4. *Букасов С. М.* Новая система видов картофеля // Докл. ВАСХНИЛ. 1970. № 6. С. 8–9.
5. *Букасов С. М.* Систематика видов картофеля секции *Tuberarium* (Dun.) Buk. рода *Solanum* L. // Тр. по прикл. бот. ген. и сел. 1971. Т. 46. С. 3–44.
6. *Букасов С. М.* Принципы систематики картофеля // Тр. по прикл. бот. ген. и сел. 1978. Т. 62, Вып. 1. С. 3–35.
7. *Букасов С. М.* Обзор таксономии видов картофеля секции *Tuberarium* (Dun.) Buk. // Бюл. ВИР. 1980. Вып. 105. С. 6–9.
8. *Горбатенко Л. Е.* Виды картофеля Южной Америки. СПб., 2006. 456 с.
9. *Лехнович В. С.* Культурная флора. Картофель. Л., 1971. С. 41–304.
10. *Рыбин В. А.* Результаты цитологического анализа культурных и диких видов картофелей // Тр. по прикл. бот., ген. и сел. 1933. Т. 2. С. 3–100.

11. *Юзепчук С. В., Букасов С. М.* К вопросу о происхождении картофеля // Тр. Всес. Съезда по ген. сел. и семен. 1929. Т. 3. С. 593–611.
12. *Dodds K. S.* Classification of cultivated potatoes // In D. S. Correll. The potato and its wild relatives. Contr. Texas Res. Found. Bot Stud. 1962. V. 4. P. 517–539.
13. *Feingold S., Lloyd J., Norero N., Bonierbale M., Lorenzen J.* Mapping and characterization of new EST-derived microsatellites for potato (*Solanum tuberosum* L.) // Theor. Appl. Gen. 2005. V. 111. P. 456–466.
14. *Ghislain M., Spooner D., Rodriguez F., Villamon F., Nunez J., Vasquez C., Waugh R., Bonierbale M.* Selection of highly informative and user-friendly microsatellites (SSRs) for genotyping of cultivated potato // Theor. Appl. Gen. 2004. V. 108. P. 881–890.
15. *Hawkes J. G.* The Potato: Evolution, Biodiversity and Genetic Resources // Washington, DC: Belhaven Press., 1990.
16. *Huaman Z., Spooner D. M.* Reclassification of landrace populations of cultivated potatoes (*Solanum* sect. *Petota*) // Amer. J. Bot. 2002. V. 89. P. 947–965.
17. *Ochoa C.* The potatoes of Bolivia. South America. Cambridge University Press., 1990. 525 p.
18. *Schmiediche P. E., Hawkes J. G., Ochoa C. M.* Breeding of the cultivated potato species *S. juzepczukii* Buk. and *S. curtilobum* Juz. et Buk. I. A study of the natural variation of *S. juzepczukii*, *S. curtilobum* and their wild progenitor, *S. acaule*. Bitt. // Euphytica. 1980. V. 29. P. 685–704.
19. *Schmiediche P. E., Hawkes J. G., Ochoa C. M.* The breeding of the cultivated potato species *S. juzepczukii* and *S. curtilobum*. II. The resynthesis of *S. juzepczukii* and *S. curtilobum* // Euphytica. 1982. V. 31. P. 395–707.
20. *Wienand U., Feix Y.* Zein specific restriction enzyme fragments of maize DNA // FEBS Lett. 1980. V. 116. P. 14–16.

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ГЕНЕТИЧЕСКИХ РЕСУРСОВ ВИНОГРАДА СЕМЕЙСТВА *VITACEAE* В СОВРЕМЕННЫХ СЕЛЕКЦИОННЫХ ПРОГРАММАХ

Н. П. Олейников, В. А. Волынкин, В. А. Зленко, В. В. Лиховской
Национальный институт винограда и вина «Магарач», УААН, Ялта, АР Крым, Украина, e-mail: select_magarach@ukr.net

Резюме

Современные программы выведения сортов сельскохозяйственных культур должны учитывать закономерности скрещиваемости, наследования и использовать широкий спектр генетических ресурсов исходных форм. Селекционная программа НИВиВ «Магарач» (Украина) построена на использовании всего многообразия генетических ресурсов винограда семейства *Vitaceae*.

USAGE OF *VITACEAE* FAMILY GRAPEVINE GENETICAL RESOURCES IN MODERN BREEDING PROGRAMS

N. P. Oleinikov, V. A. Volynkin, V. A. Zlenko, V. V. Likhovskoi
National Institute for Vine and Wine «Magarach», UAAS, Yalta, Crimea, Ukraine, e-mail: select_magarach@ukr.net

Abstract

The modern programs of selection varieties of agricultural cultures must take into account conformities to the law of hybridization, inheritances and use of wide spectrum of genetic resources of initial forms. The selection program NIVW «Magarach» (Ukraine) is built on the use of all variety of grapevine family *Vitaceae* genetic resources.

На нашей планете виноградные насаждения занимают около 10 млн га, суммарная продуктивность которых составляет около 56 млн т свежего винограда. Неблагоприятные климатические условия, эпифитотии болезней и вредители наносят виноградарству ущерб превышающий 27 млн т, что соизмеримо с валовым сбором урожая. В результате изменений

климатических условий развитие грибных болезней все чаще принимает эпифитотийный характер. Несмотря на дорогостоящие меры защиты, недобор урожая достигает 30%, а в годы эпифитотий доходит до 70%. Столь значительный урон наносится несмотря на то, что постоянно увеличиваются затраты на борьбу с болезнями и вредителями, синтезируются более эффективные препараты для борьбы с ними, увеличиваются объемы их использования. Более того, в виноградарстве распространены такие болезни и вредители, которые уничтожают не только урожай, но, что особенно опасно, и само многолетнее растение. Это филлоксера вместе с патогенной микрофлорой, бактериальный рак и вирусы. Резервом повышения эффективности виноградарства является широкое внедрение сортов, обладающих генетически обусловленной устойчивостью к вредителям, возбудителям болезней и неблагоприятным факторам среды.

Эволюция у представителей видов рода *Vitis* и других родов семейства *Vitaceae* происходила на разных континентах под воздействием специфических биотических и абиотических факторов, влияющих на процесс естественного отбора. У дикорастущего винограда Европы *Vitis vinifera* ssp. *silvestris* Gmel. и у окультуренных сортов, относящихся к *Vitis vinifera* ssp. *sativa* D.C., не сформировались признаки устойчивости к филлоксере, возбудителю милдью, поскольку эти патогены впервые появились в Европе только в XIX веке. Они были завезены с Американского континента, где в течение длительного периода проходила их сопряженная эволюция с формами винограда Американского континента [6].

Впервые целенаправленная селекция винограда на групповую устойчивость началась после проникновения из Америки на Европейский континент милдью и филлоксеры. Начало таким исследованиям положено в 1882 г. А. Зейбелем и Ж. Кудерком во Франции. Селекционеры обратились к американским видам и сортам винограда как донорам устойчивости к возбудителям грибных болезней и филлоксере. Большинство выдающихся селекционеров и генетиков придерживаются мнения, что вовлечение в селекционный процесс мирового генофонда той или иной сельскохозяйственной культуры является необходимым условием успеха любой селекционной программы [1–5, 9, 10]. Разрабатывая учение об иммунитете, Н. И. Вавилов особо отмечал, что на родине паразитов в условиях жесткого естественного инфекционного фона формируются группы растений, относительно устойчивых к вредителям и возбудителям болезней, и складываются благоприятные условия для появления форм, иммунных к целому комплексу патогенов. Методом комбинационной селекции западноевропейские оригинаторы Бертиль Сейв, Кастель, Кудерк, Гайар, Жюри, Оберлен, Зейбель, Бако, Рават, Сейв Виллар, Жоаннес Сейв и др. вывели к началу XX века свыше 20 тыс. гибридных сортов винограда. При межвидовой гибридизации селекционеры в качестве родительских форм использовали высококачественные, но неустойчивые европейские сорта и формы американских видов винограда, высоко устойчивые, но с крайне низким качеством продукции [7]. Среди этих гибридов имеются двойные, возвратные, тройные, комплексные формы, часто с очень сложной родословной, например Сейв Виллар 18-315 или Зейбель 13-666. Исключительно успешной оказалась во Франции работа, проведенная Сейв Вилларом. Путем многократных повторных скрещиваний гибридов первого и второго поколения, обратных скрещиваний с европейскими сортами и отбора лучших по качеству и устойчивости растений в каждом из поколений на жестком инфекционном фоне селекционер получил ряд сортов, по качеству приближающихся к сортам *Vitis vinifera*. В этих сортах сочетается достаточно высокое качество и относительная, а иногда и высокая, устойчивость к филлоксере, возбудителям грибных болезней, морозу. При выведении сортов с групповой устойчивостью сложные межвидовые гибриды Сейв Виллара и других оригинаторов являются бесценным исходным материалом, так как многие из них не имеют негативных качеств диких форм американских видов винограда, но обладают высокой устойчивостью к комплексу патогенов.

В связи с тем, что западноевропейским оригинаторам не удалось сочетать в генотипе сортов этого поколения устойчивость к патогенам с высоким качеством продукции, возникла гипотеза о наличии сильного сцепления признаков устойчивости с посредственным

качеством урожая. В настоящее время отечественными и зарубежными селекционерами доказано, что не существует генетических препятствий для сочетания в одном сорте хозяйственно ценных признаков, в том числе высокого качества ягод, с полевой устойчивостью к патогенам и абиотическим факторам. Селекционно-генетический метод, направленный на выведение сортов с групповой устойчивостью, предполагает наличие иммунологической дифференциации к патогенам среди исходного материала. Важнейшим звеном генеративной селекции винограда является научно обоснованный подбор по фено- и генотипу родительских компонентов, которые должны дополнять друг друга по селектируемым признакам при минимальном проявлении негативных свойств.

По мнению M. Rives [21], использование диких видов в качестве доноров генов устойчивости предполагает необходимость изучения всего многообразия ареала видов, сбора достаточно большого количества форм для изучения вариабельности форм по изучаемым признакам, а также способности передавать их потомству. Из всех видов рода *Vitis* значительный интерес, с точки зрения иммуноселекции, вызывает *Vitis rotundifolia*. В исследованиях A. Bouquet [15–18] было показано, что сорта мускадиниевого винограда характеризуются сильным ростом, высокой продуктивностью, относительно крупными ягодами с приятным вкусом и ароматом, поздним и длительным периодом цветения, высокой устойчивостью к патогенам и неблагоприятным условиям внешней среды, способностью давать высокие и стабильные урожаи. При гибридизации *V. vinifera* с *V. rotundifolia* ставилась задача сочетания в полученных гибридах хорошего качества европейского винограда с высокой устойчивостью мускадиниевого винограда. Однако если виды рода *Vitis* подрода *Euvitis* легко скрещиваются между собой [7], то получить гибриды между видом *V. vinifera* с видом *V. rotundifolia* Michaux удалось с большим трудом [20]. Трудности, возникшие при гибридизации этих видов, связаны с различиями в числе хромосом. *V. vinifera*, относящийся к подроду *Euvitis*, имеет 2n = 38 хромосом, а *V. rotundifolia* подрода *Muscadinia* – 2n = 40 хромосом. Цитологический анализ стерильных гибридов между европейским и мускадиниевым виноградом показал, что это диплоиды с набором 2n = 39 хромосом [19]. Путем обработки колхицином стерильных гибридов *V. vinifera* × *V. rotundifolia* удалось удвоить число хромосом и получить аллотетраплоидные гибриды средней фертильности. В 1974 г. семена от свободного опыления фертильных гибридных форм были переданы французскими коллегами селекционерам Института "Магарач". В результате изучения сеянцев выявлена значительная амплитуда изменчивости по фертильности и хозяйственно ценным показателям. Сеянцы варьировали по мощности развития, размеру и форме гроздей и ягод, величине и качеству урожая, устойчивости к болезням и вредителям. Из семенного потомства этих сеянцев выделены формы, отличающиеся высокой фертильностью и продуктивностью, сочетающие мощность роста и устойчивость к патогенам мускадиниевого винограда с качественными показателями урожая *V. vinifera*: Магарач № 100-74-1-5, Магарач № 100-74-1-7 (DRX 60-24 × *V. vinifera*), Магарач № 100-74-3-1 (DRX 58-6 × *V. vinifera*).

Межродовые гибриды у семейства *Vitaceae* пока не получены [8]. Создание же межродовых гибридов у винограда, хотя бы с частичным присутствием генов различных родов из-за возможной элиминации хромосом одного из них, позволит получить качественно новые, иммунные к биотическим и абиотическим факторам среды генотипы. Нами проводятся исследования по созданию гибридов между сортами *Vitis vinifera* (2n = 38 хромосом) и видами других родов (*Ampelopsis* и *Parthenocissus*, 2n = 40 хромосом) семейства *Vitaceae*: *Ampelopsis acontifolia* Lavalee, *Ampelopsis cordata* Michaux, *Ampelopsis serjaniëfolia* Regel, *Parthenocissus inserta* Fritch и *Parthenocissus quinquëfolia* Planch. Для преодоления генетической несовместимости при межродовой гибридизации был использован метод аллополиплоидии, который предусматривает получение и скрещивание между собой полиплоидных форм. Наличие парных хромосом каждого рода у гибридных сеянцев служит необходимым условием для конъюгации между хромосомами в процессе прохождения мейоза и образования гамет и может обеспечить фертильность гибридных сеянцев [11]. С другой стороны, по данным Ш. Г. Топалэ [13], среди сортов *V. vinifera* найден тетраплоидный

сорт Шасла Гро Куляр белая и сорта, у которых встречаются полиплоидные клетки при определенных погодных условиях (диплоидно-тетраплоидные цитохимеры): Пикпуль черный, Харти про Ливье, Баян ширей, Шабаш крупноягодный, Шабаш, Рислинг рейнский, Мускат Александрийский и Яхеи (с женским типом цветка). Для получения полиплоидов путем обработки колхицином распускающихся почек использовались эти сорта, являющиеся диплоидно-тетраплоидными цитохимерами. По нашим прогнозам вероятность образования жизнеспособных полиплоидных клеток у этих сортов будет достаточно высокая, что служит предпосылкой образования диплоидных гамет в результате мейоза. Эксперименты проводятся по двум направлениям.

Исследования в первом направлении заключаются в том, что бы, воздействуя раствором колхицина на распускающиеся плодоносные почки с зачаточными соцветиями, с последующим инцухтированием этих соцветий, получить тетраплоидные семена, а затем и сеянцы сортов вида *V. vinifera* и видов родов *Ampelopsis* и *Parthenocissus*. Для получения полиплоидных сеянцев почки растений родов *Ampelopsis* и *Parthenocissus*, а также инцухта миксоплоидных сортов *V. vinifera* весной на стадии распускания были обработаны 0,5%-ным раствором колхицина в воде с добавкой 0,5 мг/л 6-бензиламинопурина (БАП). Осенью получены семена, которые различаются по форме и размерам в результате полиплоидизации. Эти семена высеяли в гидропонные каналы теплиц и получили сеянцы, среди которых, как по морфологическим признакам, так и методом цитогенетического анализа, производится отбор полиплоидных растений. После вступления полиплоидных (тетраплоидных) сеянцев в плодоношение они будут включены в межродовую гибридизацию (род *Vitis* с родами *Ampelopsis* и *Parthenocissus*), с последующим выделением на ранних стадиях развития ягод из семян изолированных зародышей, культивированием их в условиях in vitro и выращиванием из них сеянцев – межродовых гибридов.

Другое направление наших исследований, связанное с межродовой гибридизацией, также базируется на сочетании методов аллотетраплоидии и культуры in vitro зародышей, выделенных на ранних стадиях формирования семян. Исследовались сорта винограда, относящиеся к роду *Vitis*: естественный тетраплоидный сорт Шасла Гро Куляр белая и миксоплоидные сорта Яхеи, Харти про Ливье и Пикпуль черный. Для полиплоидизации яйцеклеток распускающиеся плодовые почки с находящимися в них зачаточными соцветиями обработали колхицином. Во время цветения соцветия этих сортов были опылены пыльцой видов *Ampelopsis acontifolia* и *Parthenocissus inserta* от соцветий, развившихся из почек, также в свою очередь обработанных колхицином на стадии их распускания, и произошло завязывание семян. Так как в семенах, полученных в результате межродовой гибридизации, как правило, наблюдается гибель зародышей из-за физиолого-биохимической несовместимости, зародыши выделялись из семян на ранних стадиях после оплодотворения. Собранные на 40-й день после гибридизации незрелые ягоды выдерживали в холодильнике в течение 8–12 недель при температуре –2°С. Затем из ягод выделяли семена, стерилизовали их, и промывали стерильной водой. Семена в чашках Петри в ламинарном боксе разрезали поперек и носики семян (части семян, в которых находятся зародыши) высаживали на три варианта жидкой среды, различающихся между собой содержанием регуляторов роста. При разрезании семян перед высадкой был выявлен ряд специфических сорто-биологических особенностей. У всех семян с развившимся эндоспермом, полученных в результате межродовых скрещиваний, в большей или меньшей степени был выражен некроз оболочек семян и эндосперма, что указывает на физиологическую несовместимость родов на биохимическом уровне. При межродовой гибридизации у сорта Яхеи образуются пустые семена (без зародышей и эндосперма). У сортов Шасла Гро Куляр белая и Харти про Ливье – как пустые семена, так и с эндоспермом, но проростки не развивались, а у сорта Пикпуль черный почти все семена были с эндоспермом, но при этом редко происходило развитие проростков и образование побегов. В результате скрещивания сорта Пикпуль черный с *Ampelopsis acontifolia* из 69 зародышей, выделенных из семян с эндоспермом, после 40 дней культивирования выросло только 20 проростков (30%). Из них 17 оказались зелеными, а у

трех из этих проростков развились побеги. Три проростка были с белыми семядолями и гипокотилями (15% альбиносов от всех развившихся проростков). От скрещивания Пикпуль черный с *Parthenocissus inserta* из 72 зародышей развилось 3 проростка (2 зеленых и 1 этиолированный). Один из этих проростков сформировал побег. На твердой и жидких питательных средах, куда были пересажены проростки, у некоторых из них наблюдали аномальное развитие (рис. 1) и нормальный рост побегов у других (рис. 2). Окончательный вывод о том, что полученные растения являются межродовыми гибридами, можно будет сделать после детального молекулярно-генетического и цитогенетического анализов исходных материнских форм и растений, развившихся из гибридных семян в культуре зародышей in vitro.

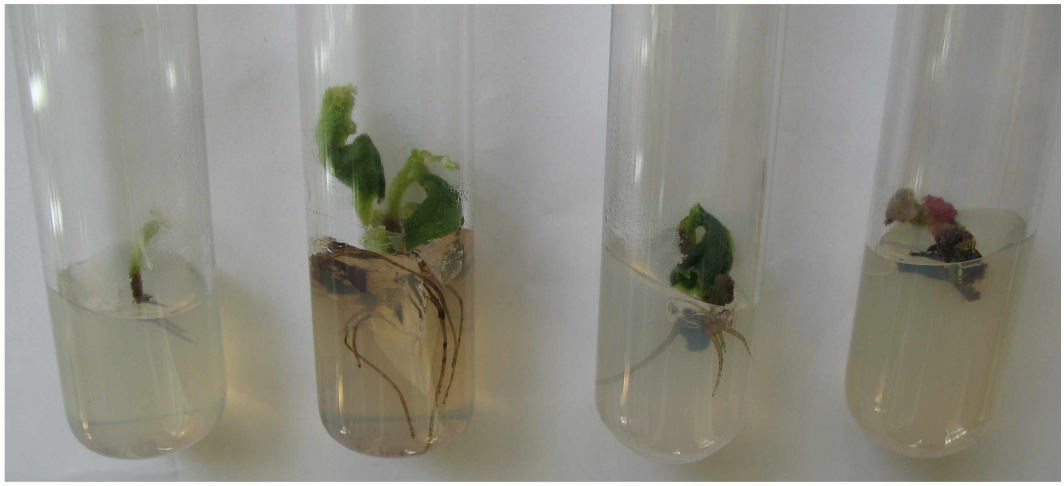


Рис. 1. Аномальное развитие

Значительная часть площадей виноградных насаждений СНГ, в том числе и Украины, находятся в условиях рискованного виноградарства. В этих зонах сокращается период вегетации растений винограда, и на них в зимний период воздействуют более низкие температуры, чем допускает биологическая приспособленность вида *V. vinifera*. Среди представителей данного вида нет ни одного, который бы приближался по этим свойствам к таким видам, как *Vitis amurensis*, *V. riparia*, *V. labrusca* и др.

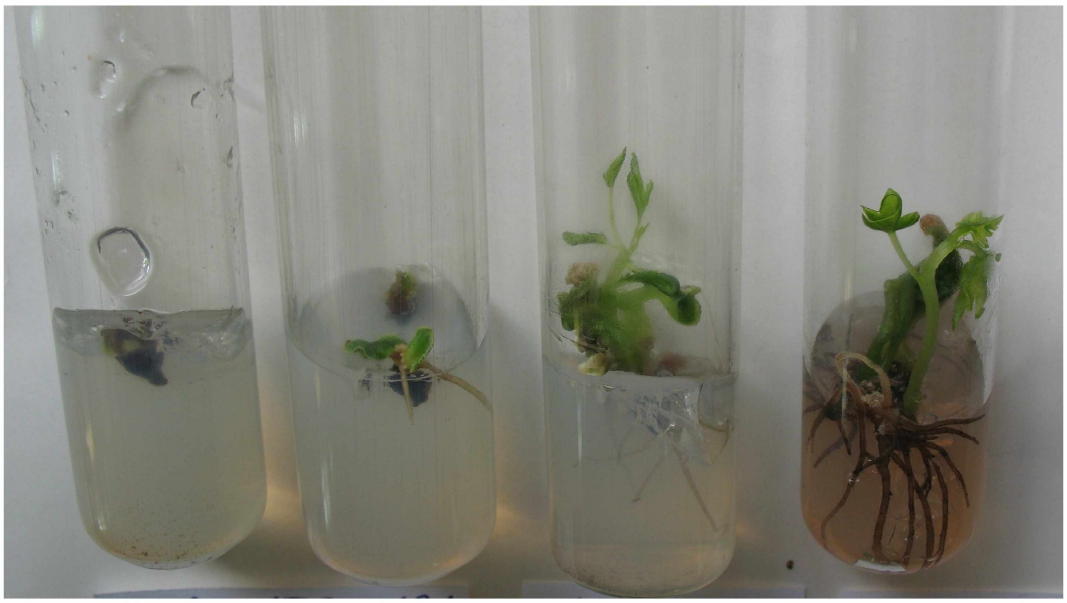


Рис. 2. Нормальный рост побегов

Селекция сортов винограда, устойчивых к низким критическим температурам, начавшаяся около 150 лет тому назад, основывается на межвидовой гибридизации европейского винограда (*Vitis vinifera*) с амурским видом (*Vitis amurensis* Rupr.) и с североамериканскими видами (*V. riparia*, *V. rupestris*). Высокая гетерозиготность амурского винограда, обусловленная перекрестным опылением, определяет широкую амплитуду его изменчивости в естественных местах произрастания. Среди диких форм этого вида выделены растения с целым комплексом хозяйственно ценных свойств и признаков, сочетающие высокую морозо- и зимостойкость, устойчивость к милдью, высокую урожайность и вкусовые качества, близкие к культурному европейско-азиатскому винограду. В результате скрещиваний сортов вида *Vitis vinifera* и форм *Vitis amurensis* выведен ряд морозоустойчивых сортов: Альфа, Буйтур, Фиолетовый ранний, Саперави северный, Мускат устойчивый, Северный и др. Эти сорта значительно превосходят по морозоустойчивости европейско-азиатский виноград, но имеют недостаточно высокое качество. В этой связи гибриды первого поколения вовлекались в повторную гибридизацию с сортами *V. vinifera* – донорами качества. По признанию ряда авторов [13, 14], расчет на повышение морозо- и зимостойкости при скрещиваниях беккроссов не оправдался. Сложности выведения морозоустойчивых сортов объясняются тем, что признак морозоустойчивости обусловлен не специфическими генами, что характерно для других признаков, а определяется генотипом растения в целом. Наследственные свойства в гибридах комбинировались в соответствии с долевым участием геномов *V. vinifera* и *V. amurensis*. При возвратных скрещиваниях гибридов с сортами *V. vinifera* блоки генов амурского винограда постепенно замещаются блоками генов европейско-азиатского винограда, и происходит снижение долевого участия генома амурского винограда. В результате качество урожая улучшается, а морозоустойчивость растения резко падает до уровня *V. vinifera*. Поэтому при межсортовой гибридизации в пределах слабоморозостойкого вида *V. vinifera* (критическая температура минус 18–20°С) невозможно получить достаточно морозостойкие формы, а при гибридизации с *V. amurensis* превзойти морозоустойчивость этого вида (критическая температура минус 40°С). До настоящего времени так и не удалось превзойти эталонные по морозоустойчивости сорта винограда Альфа и Саперави северный, полученные при первом беккроссировании.

Учитывая изложенные выше закономерности, селекционеры выбирают компромиссное решение – за счет межвидовой гибридизации, без заметного ухудшения качества плодов повышают морозоустойчивость столовых сортов до минус 26–27°С, а технических – до минус 28–29°С. В настоящее время усилиями селекционеров созданы сорта с групповой устойчивостью к филлоксере, возбудителям милдью, оидиума, серой гнили и низким температурам. Все эти сорта являются сложными европейско-американскими гибридами, при выведении которых использовали гены многих видов рода *Vitis* (рис. 3).

Изменились и задачи, стоящие перед селекционерами. Если на первых порах необходимо было просто улучшать лишь отдельные свойства, то в настоящее время требуется создание сортов, которые отличаются по целому комплексу хозяйственных и биологических признаков и отвечают современным социально-экономическим условиям. С целью повышения эффективности селекционного процесса в НИВиВ "Магарач" разработана и реализуется иммунно-селекционная программа "Аналог", предусматривающая создание новых сортов винограда с групповой устойчивостью – аналогов лучших евроазиатских сортов, но обладающих полевой устойчивостью к возбудителям грибных болезней, филлоксере, морозу, отличающихся высокой экологической пластичностью и стабильностью хозяйственно ценных признаков. Для поэтапного решения поставленной задачи разработаны модели сортов, которые включают необходимый набор признаков. По селекционно-генетической программе "Аналог" получены технические сорта Рислинг Магарача, Тавквери Магарача, Памяти Голодриги, а также сорта с уникальными органолептическими свойствами: Цитронный Магарача, Альминский, Красень. Выведен ряд столовых сортов различных сроков созревания с групповой устойчивостью к возбудителям грибных болезней: Ассоль, Геркулес, Интервитис Магарача, в том числе и бессемянных – Ялтинский бессемянный и

Пивденнобережний. Продолжается всестороннее испытание новых сортов с групповой устойчивостью к биотическим и абиотическим факторам в различных эколого-географических зонах. Технические сорта винограда Красень, Памяти Голодриги, Альминский отличаются высокой устойчивостью к морозу, патогенам и высоким уровнем сахаронакопления. Как показали экстремальные условия зимы 2006 г., в условиях степного Крыма данные сорта выдерживают понижения температуры до –28°С (сохранность плодоносных почек 40–60%) и накапливают сахаров в ягодах до 30 г/100 см^3 без увяливания ягод при титруемой кислотности 7–9 г/дм^3.



Рис. 3. Генеалогия выведения сорта винограда Данко селекции НИВиВ «Магарач»

Таким образом, формирование современных программ селекции винограда направленно на создание сортов, отвечающих биоэкологическим условиям биосферы и агрохозяйственным требованиям, а это в обязательном порядке должно предполагать использование генетических ресурсов всего семейства виноградных *Vitaceae* из различных центров происхождения культуры на планете.

Литература

1. *Бербанк Л.* Избранные сочинения. М.: Иностранная литература, 1955. 715 с.
2. *Вавилов Н. И.* Учение об иммунитете растений к инфекционным заболеваниям // Теор. основы сел. раст. М.–Л.: Сельхозгиз, 1935. 100 с.
3. *Вавилов Н. И.* Значение межвидовой и межродовой гибридизации в селекции и эволюции // Избр. соч. М.: Колос, 1966. С. 238–253.
4. *Ван дер Планк Я.* Устойчивость растений к болезням. М.: Мир, 1972. 254 с.
5. *Вердеревский Д. Д., Войтович К. А.* Иммунитет виноградной лозы к болезням и филлоксере // Избр. тр. Кишинев: Штиинца, 1987. С. 554–558.
6. *Волынкин В. А.* Генетические закономерности проявления и наследования устойчивости винограда к патогенам с позиции сопряженной эволюции биологических объектов // Магарач. Виноградарство и виноделие. Ялта, 2009. № 2. С. 12–15.
7. *Волынкин В. А.* Межвидовые сорта винограда в иерархии семейства *Vitaceae* и особенности межвидовой гибридизации // Тр. науч. центра виноградарства и виноделия «Магарач». Ялта, 2001.

Т. 3. С. 26–30.
8. *Волынкин В. А., Зленко В. А., Полулях А. А., Лиховской В. В.* Селекция межродовых гибридов винограда семейства *Vitaceae* на основе применения методов экспериментальной аллополиплоидии и культуры зародышей in vitro // Магарач. Виноградарство и виноделие. Ялта, 2009. № 1. С. 12–14.
9. *Жуковский П. М.* Сопряженная эволюция растения-хозяина и паразита // Ген. основы сел. винограда на иммунитет. М.: Наука, 1973. С. 120–135.
10. *Жученко А. А.* Устойчивость растений к патогенам в системе их общей и специфической адаптивности // Генетика иммунитета и селекция с.-х. раст. на устойчивость в Молдавии. Кишинев: Штиинца, 1984. С. 10–33.
11. *Лобашев М. Е.* Генетика. Л.: Наука, 1967. 751 с.
12. *Потапенко А. И.* Новые аспекты использования амурского винограда в селекции на зимостойкость // Виноделие и виноградарство СССР. Ялта, 1987. № 3. С. 32–34.
13. *Топалэ Ш. Г.* Полиплоидия у винограда // Систематика, кариология, цитогенетика. Кишинев, 1983. 215 с.
14. *Филиппенко И. М., Штин Л. Т., Филиппенко Л. И.* Результаты и перспективы селекции винограда на комплексную устойчивость // Перспективы генетики и селекции винограда на иммунитет. Киев: Наукова думка, 1988. С. 77–82.
15. *Bouquet A., Hevin M.* Green-grafting between Muscadine grape (*V. rotundifolia* Michx.) and Bunch grapes (*Euvitis* spp.) as tool for physiological and pathological investigations // Vitis. 1978. B. 17, H. 2. P. 134–138.
16. *Bouquet A. Vitis* × *Muscadinia* hybridization: A new way in grape breeding for disease resistance in France // Proceed. of the Third Intern. Symp. on Grape Breed. Davis: Univer. Calif., 1980. P. 42–61.
17. *Bouquet A.* Etude de la résistance au philloxera radicicole des hybrides *V. vinifera* × *M. rotundifilia* // Vitis. 1983. B. 22, H. 4, P.. 311–323.
18. *Bouquet A.* Introductions dans l'espèce *V. vinyfera* L. d'un caractè de résistance à l'oidium issu de l'espèce *M. rotundifolia* Michx. // 4eme Symp. Intern. de Gén. de la Vigne. Résumés des relations. Vérone, Italia, 13–18 avril. 1985. 26 p.
19. *Dermen H.* Cytogenetics in hybridization of bunch and Muscadine type grapes // Econ. Bot. 1964. V. 18. P. 137–148.
20. *Patel G. I., Olmo H. P.* Cytogenetics of Vitis: The hybrid *V. vinifera* x *V. rotundifolia* // Amer. Jour. Bot. 1955. V. 42. P. 141–159.
21. *Rives M.* Les vignes sauvages comme sources de gènes pour l'amélioration // Vitis. 1974. B. 14, H. 3, P. 186–197.

СОХРАНЕНИЕ МЕСТНОГО АГРОБИОРАЗНООБРАЗИЯ – ПУТЬ К ПРОДОВОЛЬСВЕННОЙ БЕЗОПАСНОСТИ В УСЛОВИЯХ ТАДЖИКИСТАНА

К. Партоев[1], А. Джумахмадов[1] , К. Меликов[2]
[1]Общественная Организация «Сотрудничество ради развития», Таджикистан, e-mail: kurbonali@yhaoo.com
[2]Институт физиология растений и генетики АН Республики Таджикистан, e-mail: pkurbonali@mail.ru

Резюме

Из общего количества выявленных нами местных традиционных образцов культур, которые встречались во многих исследованных селах, наибольшее количество было из Гиссарской долины – 425 образцов. В Согдийской области обнаружены 318 образцов, в Раштской долине – 224 образцов и в Вахшской долине – 137 образцов возделываемых традиционных местных агрокультур.

Проведенные социо-экономический опрос и исследования дали полезную информацию о количестве ценных маловстречаемых местных сортов плодовых, зерновых и зернобобовых культур.

Полученные научные исследования имеют важное значение для сохранения генетических ресурсов и агробиоразнобразия в сельской местности и продовольственной безопасности.

PRESERVATION OF THE LOCAL AGROBIODIVERSITY – THE WAY OF THE FOOD SECURITY IN CONDITIONS OF TAJIKISTAN

K. Partoev[1], A. Djumahmadov[1], K. Melikov[2]
[1]Social Organization «Cooperation for development», Tajikistan,
e-mail: kurbonali@yhaoo.com
[2] Institute of physiology of plants and genetics of AS of Republic Tajikistan,
e-mail: pkurbonali@mail.ru

Abstract

From total revealed by us local traditional samples cultures which met in many investigated villages, the greatest quantity samples was necessary to conditions of the Gissarsky valley – 425 samples. In the conditions of Sogdijsky area are found out 318 samples, in the Rashtsky valley – 224 samples and in the conditions of the Vahshsky valley – 137 samples cultivated traditional local agricultures.

Spent sotsio-economic interrogation and researches have given the helpful information on quantity valuable local grades of fruit, grain and leguminous cultures.

The received scientific researches have great value for preservation of genetic resources and an argobiodiversity in rural districts and food security on prospect.

Введение

Таджикистан является горной страной и одним из исторически древних регионов в Центральной Азии. Здесь наблюдается короткий фотопериод в течение суток, большие температурные перепады в течение года и высокая концентрации ультрафиолетового излучения, что являются мутегенными факторами для изменения ряда морфологических и генетических признаков растнеий. Агробиоразнобразие, накопленное в течение долгих исторических веков служило основным фактором развития и цивилизации жителей этого региона и других регионов Центральной Азии. Многие местные акклиматизировавшиеся в течение долгого эволюционного периода сорта растений и пород животных были утрачены в результате завоза и интродукции сортов, форм и пород организмов.

В настоящее время снова возникла острая необходимость по изучению и возрождению традиционных знаний и навыков по агробиоразнообразию флоры и фауны на территории Таджикистана, Узбекистана, Кыргызстана, Китая и Афганистана.

В связи с этим, нами были проведены исследования по изучению местных образцов плодовых и зерновых культур на территории ряда регионов Таджикистана с целью дальнейшего их сохранения для будущих поколений.

Была поставлена цель - провести исследования по изучению и выявлению местного агробиоразнообразия в различных регионах нашей республики.

Для выполнения этой цели нами выполнены следующие задачи:

- организация экспедиционных обследований в пилотных районах Таджикистана;
- сбор необходимой научной информации о народных традициях, знаниях, опыте, навыках по агробиоразнообразию в сельской местности;
- определение существующих проблем с точки зрения экологии, охраны окружающей среды, экономики, связанных с традиционными знаниями в пилотных районах республики.

Исследовтельская работа осуществлялся на территории Гиссарской, Раштской, Зарафшанской, Истаравшанской и Вахшской долинах республики Таджикистан на высоте 800 - 2500 метров над уровнем моря.

В период с 28 июля по 4 августа 2007 года была осуществлена поездка в Киргизию для изучения опыта НПО «Башат» для ознакомления с работами в Кыргызстане и получения необходимой информации для дальнейшей совместной работы по изучениюю агробиоразнобразия в регионе.

Кроме того, цели и задачи исследования были обсуждены со специалистами научно – исследовательскиих институтов «Богпарвар» и «Земледелие»; на научной конференции, посвещённой 120 летию академика Н.И. Вавилова в Институте физиологии растений и

генетики АН РТ (31.10.2007г., Душанбе) и II Вавиловской Международной Конференции в Санкт – Петербурге (Россия - 26-30-ноября 2007г.).

Более 10 образцов полевых культур местного происхождения из ОО «Зан ва Замин» и «Сотрудничество ради развития» переданы для дальнейшего изучения Национальному Центру генетических ресурсов при Академией сельскохозяйственных наук РТ.

Результаты исследования

Гиссарская долина. Гиссарская долина расположена в центре республики и согласно историческим данным сельским хозяйством здесь занимались более 8 тыс.лет тому назад.

Одним их старинных очагов земледелия в этой долине считаются ущелья Каратог, Горное Хонако и равнины Гиссарской крепости, где нами были проведены экспедиции по выявлению биоразнообразию флоры и фауны.

Согласно полученной информации с давних времен в Гиссарской долине местное население занималось садоводством, виноградарством, выращиванием зерновых культур, разведением животных и птиц.

В ходе исследования специалисты проекта побывали в семи районах долины: Гиссарской, Рудакинской, Вахдатской, Варзобской, Шахринавской, Файзабадской и Турсунзадевской, где были обнаружены 174 местных эндимичных сортов. Из них абрикоса - 18, яблони – 48, винограда – 35, тутовника – 19, персика – 12, ореха- 6, груши- 8, тыквы- 15, фасоли – 4, пшеницы - 5, ячменя – 2, конских бобов – 2 сортообразца, которые возделывает местное население.

Раштская долина. Раштская долина славится своими качественными и сочными плодами различных фруктовых деревьев горного края. Земледелие здесь тоже имеет свои исторические корни. В этой долине были обсдедованы районы Нурабадский, Раштский, Таджикабадский и Джиргатальский и обнаружены 107 местных сорта: абрикосов- 10, яблони – 31, винограда – 7, тутовника – 12, персика – 5, ореха- 4, груши- 10, тыквы- 15, фасоли – 4, пшеницы -5, ячменя – 2, конских бобов – 2, которые местное население возделывает с давних времен.

Согдийская область (Зарафшанская долина, Истаравшанская долина). Согдийская область расположена в северной части республики и там нами были обследованы Айнинский, Горный Мастчох, Истаравшан, Гончинский и Исфаринский районы. Основными отраслями сельскохозяйственного производства области являются садоводство, зерноводство, овощеводство, хлопководство и животноводтсво.

В этой области нам удалось обнаружить 163 местных сорта: абрикоса- 51 сортообразцов, яблок – 32, винограда – 19, тутовника – 13, персика – 12, ореха- 8, груш- 5, тыквы- 13, фасоли – 4, пшеницы -2, ячменя – 2, конских бобов – 2 сортообразцов, которые до настоящего времени сохранены и используются в производстве.

Вахшская долина. Вахшская долина расположена в южной части республики и основные площади там заняты под хлопчатником. Кроме хлопчатника местное населения возделывает плодовые, зерновые, овощные, бобовые культуры. Животноводство занимает особое место в жизни населения этой долины. В Вахштской долине были обследоаны территории Джиликульского и Джамолиддини Руми районов, наиболее старинных районов области. Здесь было обнаружено 85 местных сортов: абрикоса- 12, яблони – 15, винограда – 17, тутовника – 9, персика – 11, ореха- 4, груши- 2, тыквы- 10, фасоли – 2, пшеницы -2 и конских бобов – 1.

Общие итоги исследовательской работы

В ходе исследования нами выявлено более 233 местных сортов плодовых культур, в том числе 80 - ореха, 57 - абрикоса, 41 - винограда, 20 - тутовника, 14 - персика, 11 - ореха и 10 - груши.

Следует отметить, что все эти образцы по оценкам местных жителей являются более устойчивыми ко многим вредителям и болезням и почти ежегодно дают хороший урожай, особенно яблони, груши и абрикос, несмотря на то, что они не обрабатываются пестицидами

и под них мало вносится минеральных удобрений. Поэтому в перспективе необходимо эти местных сорта сохранять и широко внедрять в производство. Из других полевых культур нами были собраны 20 образцов тыквы, 7 - пшеницы, 4 - фасоли, 3 - конских бобов (бокле) и 2 - ячменя, отличающиеся хорошей продуктивностью.

Выводы

Из общего количества выявленных нами местных традиционных сортов сельскохозяйственных культур, которые встречались во многих обследованных районах, наибольшее количество образцов собрано в Гиссарской долине – 425. В Согдийской области обнаружены 318 образцов, в Раштской долине – 224 образцов и в условиях Вахшской долины – 137 образцов возделываемых традиционных местных агрокультур. Проведенные социо-экономический опрос и исследования дали полезную информацию о количестве ценных маловстречаемых местных сортов плодовых, зерновых и зернобобовых культур.

Полученные научные исследования имеют важное значение для сохранения генетических ресурсов и агробиоразнобразия в сельской местности и продовольственной безопасности.

Работа выполнена при поддержке Кристенсен Фонда.

Литература

1. *Брендан Т.* На пути к Международному режиму по охране тадиционных знаний. Ташкент – 2005. С.5-20.
2. *Бродский А. К.* Введение в проблемы биоразнообразия. Санкт- Петербург -2002.
3. *Громов В.* Законодательство в сфере доступа к генетическим ресурсам и справедливого распределения выгод в Центральной Азии и Монголии. Ташкент -2005. С. 45-55.
4. *Партоев К., Джумахмадов А., Меликов К., Шуккулобекова Г.* Сохранение биоразнообразия и традиционных знаний на благо общества. Материалы научно-практической конференции: Проблемы сохранения биоразнообразия на охраняемых природных территориях Узбекистана. Нукус- 2008. С.100-104
5. *Shakeel B.* Introduction to Intellectual Property as Relevant to Traditional Knowledge. Tashkent – 2005.С. 20-25.

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ РЕСУРСОВ ПРИРОДНОЙ ФЛОРЫ ДЛЯ СОЗДАНИЯ «НАЦИОНАЛЬНОГО ГЕНЕТИЧЕСКОГО ФОНДА ХОЗЯЙСТВЕННО-ПОЛЕЗНЫХ РАСТЕНИЙ БЕЛАРУСИ»

В. И. Парфенов, С. А. Дмитриева, И. М. Яковлева, Т. О. Давидчик
Институт экспериментальной ботаники им. В. Ф. Купревича Национальной академии наук Беларуси,
e-mail: karyology@biobel.bas-net.by

Резюме

В статье представлена информация о количестве хозяйственно-полезных растений в природной флоре Беларуси и их возможном целевом использовании. Приводятся сведения о редких видах растений, включенных в «Красную книгу Республики Беларусь». Наряду с сохранением генофонда этих видов в условиях in situ (в заповедниках, заказниках, национальных парках) осуществляется сбор образцов семян в природных популяциях и представление их в хранилище Национального генетического фонда хозяйственно-полезных растений. Формирование коллекций сопровождается краткой характеристикой состояния природных популяций, а также эколого-биологических особенностей и хозяйственной ценности видов растений.

USE OF NATURAL FLORA RESOURCES FOR DEVELOPMENT OF «NATIONAL GENETIC POOL OF ECONOMIC PLANTS OF BELARUS»

V. I. Parfenov, S. A. Dmitrieva, I. M. Yakovleva, T. O. Davidchik
V. F. Kuprevitch Institute of Experimental Botany at National Academy of Sciences of Belarus,
e-mail: karyology@biobel.bas-net.by

Abstract

The article presents information on the number of economic plants in natural flora of Belarus and their potential target-oriented use, as well as on rare plant species included in "The Red Book of the Republic of Belarus."Along with preserving gene poo lof these species under in situ conditions (reserves, protected woodlands, national parks), seed accessions are collected in natural populations and presented for preservation in National genetic pool of economic plants. Formation of collections is accompanied by a short characteristic of the natural population state as well as ecological and biological features and economic value of plant species.

Одним из хорошо известных, широко распространенных подходов к сохранению генофонда флоры и фауны, а также ценных природных сообществ является создание сети охраняемых природных территорий (заповедников, заказников, национальных парков), где роль антропогенного прессинга сведена до минимума или существенно ограничена. Известно, что достаточный уровень сохранения генофонда биоты в целом, в том числе и «редкого» ее компонента, может быть обеспечен лишь в том случае, если природоохранные территории составляют около 20% площади того или иного региона. Соблюдение этого требования затруднено в густо населенных регионах, отличающихся высокой интенсивностью потребления природных ресурсов. К примеру, сеть особо охраняемых природных территорий в Республике Беларусь составляет лишь около 8% ее общей территории. Ее расширение, как показывает практика, обычно неадекватно воспринимается органами хозяйственного управления, так как это сопряжено с ограничением определенных форм хозяйственной деятельности и со снижением биоресурсопотребления на территориях, имеющих статус природоохранных.

Вместе с тем следует подчеркнуть, что существование даже весьма обширной сети охраняемых территорий неспособно обеспечить сохранение генофонда тех биологических видов, которым грозит вымирание в силу того, что они исчерпали свой эволюционный потенциал и подошли к рубежу естественного исчезновения, пережив период зарождения, становления и расцвета. Единственно возможный путь осуществления этой задачи – сохранение генофонда в условиях ex situ в банках долговременного хранения генетического материала при определенных режимах. Самым распространенным, простым и эффективным подходом для сохранения генофонда растений является создание банков семян.

В связи с необходимостью сохранения генофонда культурных растений, а также хозяйственно-полезного компонента природной флоры в Республике Беларусь, начиная с 1999 г., выполняется Государственная программа «Генофонд», цель которой состоит в создании Национального генетического фонда хозяйственно-полезных растений. В числе других научно-исследовательских учреждений и университетов в ней принимает участие Институт экспериментальной ботаники Национальной академии наук, в задачу которого входит сохранение генофонда хозяйственно-полезных растений природной флоры.

Природная флора Беларуси включает около 2000 видов. Из них более 50% являются хозяйственно-полезными. Они могут быть использованы непосредственно для удовлетворения тех или иных потребностей человека или как источники сырья для пищевой, фармацевтической промышленности, в кормопроизводстве и других отраслях.

В соответствии с возможным целевым использованием хозяйственно-полезные виды можно разделить на ряд групп. Основными из них являются: лекарственные, кормовые, пищевые, технические, фитомелиоративные, ветеринарные, декоративные, биоцидные, ядовитые. Необходимо подчеркнуть, что единой общепризнанной классификации не

существует. В связи с конкретными целями и задачами исследований при оценке ресурсной значимости и ресурсного потенциала видов некоторые из этих групп разделяются на ряд самостоятельных. Например, группа «Пищевые растения» может быть разделена на медоносные, витаминоносные, пряно-ароматические, эфирномасличные и др.

Нами проанализирована литературная информация, заимствованная в основном из 8-томного издания «Растительные ресурсы» [4 – 10], о возможном целевом использовании 1017 хозяйственно-полезных видов растений. Выявлено, что большинство из них – многофункциональные, т. е. один и тот же вид может одновременно принадлежать к двум и более группам. Например, тростник обыкновенный (*Phragmites australis* (Cav.) Trin. ex Steud.) может быть использован как лекарственное, пищевое, техническое, кормовое, медоносное, перганосное, декоративное, фитомелиоративное, аккумулятор радиоизотопов и микроэлементов.

Преобладающее большинство видов (900) являются лекарственными. Они используются как в официнальной, так и в народной медицине разных стран при лечении самых разнообразных заболеваний. Следующая по численности группа – пищевые растения. Она включает 820 видов, в том числе 370 – медоносов, 62 пряно-ароматических, 15 – витаминоносов. Представительна по численности группа «Кормовые растения». В нее входит 509 видов, используемых как пастбищные, силосные, сенокосные для разных видов как сельскохозяйственных, так и диких животных. Группа «Технические растения» включает 350 видов, в том числе 79 дубильных, 96 красильных, 3 смолоносных, 1 гуттаносный. Фитомелиоративны 59 видов, из которых 38 могут быть использованы как закрепители почв, 14 – как сидераты (удобрения). Аккумуляторами редких металлов и радиоизотопов является 21 вид. Многочисленна группа декоративных растений, состоящая из 380 видов. В ветеринарии может быть использовано 149 видов. 160 видов ядовиты. Распределение видов по остальным малочисленным группам выглядит следующим образом: перганосные – 98 видов, инсектициды – 87, эфирномасличные – 43, жиромасличные – 40, биофильтры воды – 8, повышающие биопродуктивность водоемов – 2.

В табл. 1 представлено количественное распределение видов растений по группам в 11 семействах, занимающих ведущее место в составе флоры Республики Беларусь. Наиболее крупными являются семейства Сложноцветные и Злаки, включающие соответственно 213 и 150 видов растений, однако количество хозяйственно-полезных растений в них относительно невелико – 62,0 и 41,3% соответственно. Более высоким содержанием хозяйственно-полезных растений отличаются семейства с меньшей численностью видов – Зонтичные (92,0%), Губоцветные (86,5%), Лютиковые (81,3%), Бобовые (79,1%). У большинства остальных семейств (Гвоздичные, Розоцветные, Норичниковые, Крестоцветные) количество хозяйственно-полезных видов составляет от 50,8 до 66,7%. Самое низкое количество хозяйственно-полезных видов в семействе Осоковые – 35,2%.

Таблица 1. Структура основных семейств по хозяйственно-полезному компоненту флоры

Семейство	Общее количество видов	Количество хозяйственно-полезных видов растений в абсолютном выражении, %	Преобладающие по целевому использованию группы растений, виды
Сложноцветные *(Asteraceae* Dumort.)	213	132/62,0	Лекарственные – 123 Кормовые – 71 Пищевые – 64 Медоносные – 45 Технические – 39
Злаки *(Gramineae* Juss.)	150	62/41,3	Кормовые – 49 Лекарственные – 41 Декоративные – 27 Пищевые – 22

			Технические – 17
Розоцветные (*Rosaceae* Juss.)	97	57/58,8	Лекарственные – 48 Пищевые – 38 Кормовые – 34 Медоносные–32 Декоративные – 23
Осоковые (*Cyperaceae* Juss.)	91	32/35,2	Лекарственные – 31 Технические – 11 Кормовые – 10 Декоративные – 5
Крестоцветные (*Cruciferae* Juss.)	87	58/66,7	Лекарственные – 49 Пищевые – 32 Кормовые – 31 Медоносные – 18 Жиромасличные – 13
Норичниковые (*Scrophulariaceae* Juss.)	68	42/61,8	Лекарственные – 42 Медоносные – 22 Кормовые – 19 Ветеринарные – 15 Декоративные – 14
Бобовые (*Fabaceae* Lindl.)	67	53/79,1	Кормовые – 44 Лекарственные – 41 Медоносные – 37 Пищевые – 20 Декоративные – 19
Гвоздичные (*Caryophyllaceae* Juss.)	63	32/50,8	Лекарственные – 33 Кормовые – 22 Декоративные – 8 Ядовитые – 8 Медоносные – 8
Губоцветные (*Labiatae* L.)	52	45/86,5	Лекарственные – 45 Медоносные – 36 Пищевые – 28 Кормовые – 26 Декоративные – 18
Зонтичные (*Umbelliferae* Juss.)	50	46/92,0	Лекарственные – 43 Пищевые – 22 Ядовитые – 10 Медоносные – 10 Кормовые – 7
Лютиковые (*Ranunculaceae* Juss.)	48	39/81,3	Лекарственные – 36 Декоративные – 25 Ядовитые – 20 Кормовые – 16 Медоносные – 9

Как и во флоре в целом, так и в большинстве представленных в табл. 1 семейств первое место по числу видов занимает группа «Лекарственные растения». Лишь у Злаков и Бобовых ее заменяет группа «Кормовые растения». Данной группе принадлежит ведущее (второе и третье) место и в других семействах – Сложноцветных, Розоцветных, Осоковых, Крестоцветных, Норичниковых. По количеству пищевых растений лидируют семейства Сложноцветные, Розоцветные, Зонтичные, Крестоцветные; по количеству медоносов – Норичниковые, Бобовые, Губоцветные; декоративных – Злаки, Гвоздичные, Лютиковые; ядовитых – Зонтичные и Лютиковые.

В составе природной флоры можно выделить большую группу видов, не представляющих интереса с точки зрения их хозяйственного использования, но являющихся

сородичами культурных растений и представляющих в связи с этим большой интерес для селекции как источники и доноры ценного генетического материала. К ним принадлежат прежде всего многие представители семейств Бобовых и Злаков, которые в Беларуси включают более 200 видов.

Природная флора Беларуси по своей структуре и генезису на современном этапе характеризуется определенным своеобразием по сравнению с флорами сопредельных регионов. На территории республики четко проявляется наложение двух крупных геоботанических подзон, или ботанико-географических областей – европейской (юго-западной) подзоны широколиственных лесов и северной подзоны лесов южно-таёжного типа. В связи с этим свыше 200 (более 20%) видов растений от общего состава флоры находятся в республике на пределах своего естественного распространения, т. е. на границах ареалов. В наших исследованиях они фигурируют как зональные, пограничные или географически определенные виды [1, 3].

Для ряда этих видов растений через территорию Беларуси проходит граница сплошного распространения, вследствие чего они в определенных частях республики являются обычными, а в других – более или менее редкими, а также могут вообще отсутствовать. Некоторые «пограничные» виды находятся здесь в изолированных локалитетах вблизи границ сплошного распространения или на более или менее значительном удалении от них. Большинство «пограничных» видов принадлежат к редким, уязвимым по отношению к действию экстремальных факторов среды как природного, так и антропогенного характера и потому нуждаются в охране. Практически все они включены в «Красную книгу» Беларуси [2], претерпевшую уже третье издание. В ее составе 173 вида, которые, с учетом критериев Международного союза охраны природы (МСОП) и Национального природоохранного статуса, разделены на 4 категории. К первой категории (наивысшей национальной природоохранной значимости) относится 40 (23,1% от общего количества видов, включенных в «Красную книгу») видов растений, имеющих очень низкую или быстро сокращающуюся численность. Для их спасения необходимо осуществление комплекса специальных мер. Вторая категория включает 57 (32,9%) видов, проявляющих лишь тенденцию к быстрому сокращению численности и/или ареала, однако при правильно организованных и своевременных мерах охраны они могут сохраняться в естественных местообитаниях. Третья категория объединяет 52 (30,1%) вида, не находящихся под угрозой исчезновения, но уязвимых даже при незначительных изменениях факторов среды. Самая малочисленная группа растений (24 вида, что составляет 13,9%) соответствует четвертой категории. Она включает виды с невысокой степенью риска исчезновения, сокращающих свою численность лишь в отдельных местах обитания, но способных к ее восстановлению при правильно организованной охране, устраняющей воздействия неблагоприятных факторов.

Из 173 видов растений, включенных в «Красную книгу», 110 (63,6%) относится к хозяйственно-полезным. Однако задача ученых заключается в том, чтобы сохранить генофонд не только хозяйственно-полезных и редких видов, но и всего растительного компонента биоты как национальное достояние и общечеловеческое наследие. При этом следует подчеркнуть, что далеко не все виды растений детально изучены к настоящему времени в отношении их полезности и хозяйственной значимости.

Вместе с тем 123 вида включены в «Красную книгу» в «Список растений, нуждающихся в профилактической охране». Он объединяет виды, требующие постоянного внимания в целях охраны со стороны природоохранных служб, а также виды неопределенного статуса, состояние которых в настоящее время недостаточно изучено. В него также включены нередкие в Беларуси таксоны, требующие внимания в силу своего глобального (и/или европейского) природоохранного статуса. Более половины (64, или 52,0%) видов, нуждающихся в профилактической охране, являются хозяйственно-полезными.

Наряду с дикорастущими хозяйственно-полезными растениями значительный интерес представляет группа интродуцированных, нередко дичающих растений, произрастающих

ныне на территории старинных заброшенных усадеб, парков, садов. К ним, согласно проведенным исследованиям [12 – 14], относится более 300 видов, гибридов, садовых форм нередко экзотических ценнейших древесных растений, представляющих собой объекты длительного эксперимента по испытанию иноземных растений.

Необходимо подчеркнуть, что в результате усиления межгосударственных экономических связей Республики Беларусь с сопредельными и более или менее удаленными государствами неуклонно происходит интенсификация процессов синантропизации флоры, т. е. включение в нее инвазивных растений, среди которых имеются и ценные в хозяйственном отношении виды. Определенная часть таких видов успешно натурализуется, занимая чаще всего подчиненное положение и пополняя, таким образом, многочисленную группу редких представителей флоры.

Известно также, что успешно могут натурализоваться и преднамеренно интродуцированные хозяйственноценные виды растений (декоративные, пряно-ароматические, лекарственные и др.). Генофонд натурализовавшихся видов, как следствие генетического дрейфа и процессов жесткого стабилизирующего отбора, адаптирован к природным условиям республики, что имеет важное значение при их непосредственном практическом использовании, а также в селекционных работах.

В целях сохранения генофонда хозяйственно-полезных, а также редких представителей природной флоры нами проводятся популяционные сборы семян, которые представляются в хранилище Национального генетического фонда хозяйственно-полезных растений. Формирование коллекций сопровождается краткой оценкой состояния природных популяций и составлением характеристики видов в целом. Указывается местонахождение популяции (область, район, населенный пункт или его окрестности, географические координаты, определенные с помощью GPS), занимаемая ею площадь, проективное покрытие вида, жизненность, экотоп, коллекционный номер гербарного образца, фамилия(и) коллектора(ов). При характеристике видов приводится краткое морфологическое описание, экология, распространение на территории республики, хозяйственное значение, химический состав, созологический статус, кариологические особенности.

Кариологическую характеристику видов растений, на наш взгляд, важно учитывать при практическом использовании генофонда и ресурсов природной флоры, а также в селекционных работах. В результате многочисленных кариологических исследований к настоящему времени известно, что многие дикорастущие виды растений дифференцированы на эу- и анеуплоидные хромосомные расы, или цитотипы. Фаварже [15] высказана даже точка зрения, согласно которой по мере расширения кариологических исследований виды растений с постоянным числом хромосом будут рассматриваться как исключение. Кариологическая дифференциация нередко проявляется не только в разных природно-климатических зонах обширных видовых ареалов, но и на ограниченных по площади территориях. К примеру, в табл. 2 представлены виды растений, изменчивые по числу хромосом в «белорусском» фрагменте ареала. Их количество во флоре республики составляет около 4%. Внутривидовые хромосомные расы, не имеющие, как правило, четко выраженных морфологических различий, достаточных для присвоения им определенного таксономического ранга, не могут не различаться по своей биохимической структуре – качественному и количественному составу синтезируемых соединений.

Таблица 2. Хозяйственно-полезные виды растений, кариологически изменчивые по числу хромосом

Вид	Число хромосом по данным		Основное число хромосом
	наших исследований	литературным	
Caltha palustris L.	32, 48, 56,~59	16, 28, 32-35, 44, 48, 52-65, 60+6B	8
Rumex confertus Willd.	60, ~100, 120	38, 40, 60	10

Sedum acre L.	40,60,80	16,48,40,60,80	5
Lysimachia vulgaris L.	42, 84	28, 42, 56, 84	7
Galium palustre L.	24, 96	22, 48, 96, 144	12
G. aparine L.	20,~60	22, 44, 64, 66, 86	10
G.boreale L.	44, 55, 66	44, 55, 66	11
Tripleurospermum inodorum (L.) Sch. Bip.	18, 36	18, 36, 54	9
Valeriana officinalis L.	14, 28	14, 16, 18, 28, 32 42	7
Hieracium caespitosum	18, 36, 45	18, 27, 36, 45	9
H. echioides Lumn.	18,27,36	18, 36	9
H. murorum	27,36	27,36	9
H. pilosella L.	36, 45, 54	18, 27, 36, 45, 54	9
Senecio jacobaea L.	40, 80	32, 40, 80	5
Allium angulosum L.	16, 32	16, 32	8
A. oleraceum L.	24, 32	24, 32, 40	8
Chenopodium album L.	18, 36, 54	18, 36, 36+B, 54	9
Porippa amphibian (L.) Bess.	32, 48	16, 32	8
Elytrigia repens (L.) Nevski	28, 42	28, 42, 56	7
Festuca ovina L.	14, 28	14, 21, 28, 35	7
F. rubra L.	28, 42, 56	14, 28, 35, 42, 43, 46, 47+1, 49, 53+1, 55, 56, >60, 63, 68-70	7
Holcus mollis L.	14, 28	14, 28, 35, 42, 49	7
Calamagrostis epigeios (L.) Roth.	28, 35, 42, 56	28, 35, 42, 56, 70	7
Leymus arenarius (L.) Hochst.	28, 56	56	7
Potentilla erecta (L.) Raeusch.	28, 84	14, 18, 21, 28, 38	7
P. norvegica L.	56, 70	42, 56, 63, 70	7
P. supine L.	28, 42	28,42	7
Stellaria palustris Retz.	~130, 140, 180	130, 180	10
Impatiens noli-tangere L.	20, 40	12, 20, 40	10
Luzula multiflora (Ehrh.) Lej	12, 36	12, 18, 24, 36, 48,	6
L. pilosa (L.) Willd.	~50, ~60, ~70	~62, 66, ~70, 72	10
Cerastium semidecandrum L.	18, 36	36	9
Juncus articulatus L.	40, 80	60, 80	10
J. bufonius L.	~60, ~70, ~100	30, 52, 60, 80, ~120, 120	10
Cardamine pratensis L.	16, 18, 30, 60, 64, 80	16, 18, 20, 24, 28, 30, 50, 52-56, 58-60, 78, 80, 96, 118	8
Trientalis europaea L.	~160, ~170	~70, 90, ~100, 112, ~160, ~170	10
Parnassia palustris L.	36, 45, 54	18, 20, 36, 27, 54	9
Lysimachia nummularia L.	30, 36, 44, 45	30, 32, 34, 36, 43	9
Schoenoplectus lacustris (L.) Palla	38, 42	38, 40, 42	7

Таким образом, сохранение генофонда хозяйственно-полезных и редких видов природной флоры Беларуси в условиях ex situ осуществляется путем формирования коллекций семян и представления их в хранилище Национального фонда хозяйственно-полезных растений Беларуси, что одновременно сопровождается составлением информации о местонахождении конкретных популяций или групп растений, краткой оценкой их состояния, а также морфологической, эколого-географической, биологической и хозяйственной характеристикой видов. Среди хозяйственно-полезного компонента флоры первостепенное внимание на нынешнем этапе исследований уделяется видам растений, характеризующихся более или менее редким или ограниченным распространением на территории республики. Объектами изучения являются также сородичи культурных растений как источники и доноры ценного генетического материала. К ним относятся преимущественно представители семейств Злаковых и Бобовых.

Литература

1. *Козловская Н. В.* Флора Белоруссии, закономерности ее формирования, научные основы использования и охраны / Под ред. В. И. Парфенова. Минск: Наука и техника, 1978. 127 с.
2. «Красная книга» Республики Беларусь. Растения. Минск: Беларусская Энцыклапедия им. П. Бровки. 2005. 454 с.
3. *Парфенов В. И.* Обусловленность распространения и адаптация видов растений на границах ареалов / Под ред. И. Д. Юркевича. Минск: Наука и техника, 1980. 205 с.
4. Растительные ресурсы СССР / Под ред. Ал. А. Федорова. АН СССР. Л.: БИН, 1985. Т. 1. 460 с.
5. Растительные ресурсы СССР / Под ред. П. Д. Соколова. АН СССР. Л.: БИН, 1986. Т. 2. 334 с.
6. Растительные ресурсы СССР / Под ред. П. Д. Соколова. АН СССР. Л.: БИН, 1985. Т. 3. 326 с.
7. Растительные ресурсы СССР / Под ред. П. Д. Соколова. АН СССР. Л.: БИН, 1988. Т. 4. 356 с.
8. Растительные ресурсы СССР / Под ред. П. Д. Соколова. АН СССР. Л.: БИН, 1990. Т. 5. 323 с.
9. Растительные ресурсы СССР / Под ред. П. Д. Соколова. АН СССР. Л.: БИН, 1991. Т. 6. 195 с.
10. Растительные ресурсы СССР / Под ред. П. Д. Соколова. Российская академия наук. СПб.: БИН, 1993. Т. 7. 351 с.
11. Растительные ресурсы России и сопредельных государств / Под ред. П. Д. Соколова. Российская академия наук. СПб.: БИН, 1994. Т. 8. 270 с.
12. *Федорук А. Т.* Интродуцированные деревья и кустарники западной части Белоруссии. Минск, 1972. 192 с.
13. *Федорук А. Т.* Древесные растения садов и парков Белоруссии. Минск: Ураджай, 1980. 208 с.
14. *Шкутко Н. В.* Хвойные экзоты Белоруссии и их хозяйственное значение. Минск, 1970. 268 с.
15. *Favarger C.* Die cytologische Aspect der intraspecifischen Differencierung // Planta Medica. 1963. Bd. 1. № 3. P. 74 – 83.

СОЗДАНИЕ И ОЦЕНКА КОЛЛЕКЦИИ ДИКИХ ВИДОВ И РАЗНОВИДНОСТЕЙ МОРКОВИ

М. Г. Пименов[1], В. И. Леунов[2], А. Н. Ховрин[2], Л. М. Соколова[2], Т. Э. Клыгина[2].

[1]Ботанический сад Московского государственного университета

[2]ГУП Всероссийский НИИ овощеводства РАСХН.

Резюме

Во Всероссийском НИИ овощеводства создана коллекция диких видов и разновидностей рода *Daucus* L, которая насчитывает 17 образцов различного географического происхождения. В 2008 году восемь образцов были оценены на естественном и двух искусственных фонах. В результате исследований установлено, что образцы: № 8 *Daucus carota- platanios* – по *Alternaria radicinia* M Dr et E,. (естественный и инфекционный фон) восприимчивый, а по .*Fusarium avenaceum* Link .Ex Er – слабовосприимчив. №3- *Daucus carota* –Греция- Корфу на инфекционном фоне *Alternaria radicinia* M Dr et E не высевался, но на естественном фоне он проявил себя как средневосприимчивый, на инфекционном фоне *Fusarium avenaceum* Link .Ex Er слабовосприимчивый.

Таким образом, изученные в 2008 году виды дикой моркови не показали высокой устойчивости к поражению грибами *Alternaria radicinia* M Dr et E и *Fusarium avenaceum* Link .Ex Er, и соответственно не могут использоваться в селекционной практике как доноры устойчивости. Коллекция диких видов моркови пополняется и работа по поиску устойчивых видов будет продолжена.

CREATION AND ESTIMATION OF THE COLLECTION OF WILD KINDS AND VERSIONS OF CARROTS

M. G. Pimenov[1], V. I. Leunov[2], A. N. Chovrin[2], L. M. Sokolova[2], T. E. Klygina[2].

[1]Botany Garden of Moscow State University

[2]All-Russia scientific research institute of vegetable growing, Russia, Moscow region, Ramenski district, v. Vereja, b. 500; e-mail:www.vniio.com.

Abstract

In the All-Russia scientific research institute of vegetable growing the collection of wild kinds and

versions of sort *Daucus* L which totals 17 is created is exemplary (2009) various geographical origins. In 2008 eight samples have been estimated on natural and two artificial levels. As a result of researches the given samples: № 8 *Daucus carota - platanios* – on Alternaria radicinia M Dr et E. (Natural and in-fektsionnyj a background) susceptible, and on.Fusarium avenaceum Link.Ex Er – nonsusceptible. №3 - *Daucus carota* – Gretsija - Corfu on infectious background Alternaria radicinia M Dr et E was not sowed, but on este-stvennom a background it has proved as middle-susceptible, on infectious background Fusarium avenaceum Link.Ex Er nonsusceptible.

Thus, the kinds of wild carrots studied in 2008 have not shown high ustojchivosti to defeat by mushrooms Alternaria radicinia M Dr et E and Fusarium avenaceum Link.Ex Er, and with-is responsible cannot be used in selection practice as donors of stability. Kollecture of wild kinds of carrots replenishes also work on search of steady kinds will proceed.

Род *Daucus* L., к которому относится культурная (культивируемая) морковь (*D. carota* L. subsp. *sativus*, *D. sativus*) насчитывает по разным данным [2-5] от 20 до 25 видов, в зависимости от понимания объема вида.

Наиболее характерными особенностями видов *Daucus* являются перисто-или дваждыперисто- рассеченные листочки оберток и оберточек и плоды, мерикарпии которых имеют первичные и вторичные ребра.

Большинство дикорастущих видов моркови являются однолетниками и распространены в Средиземноморской флористической области. Исключением по жизненной форме является двулетняя *D. carota* L. s. str. (*D. carota* subsp. *carota*), исходный таксон для селекции и выращивания культурной моркови, а по распространению – *D. glochidiatus* (Labill.) Fisch. & C.A.Mey. из Австралии, *D. montanum* Humb. & Bonpl. ex Spreng. и *D. montevidiensis* Link ex Spreng. из Южной и Северной Америки.

Максимальное таксономическое разнообразие моркови сосредоточено в Средиземноморье – европейском, северо-африканском и азиатском, причем наиболее богаты видами Пиренейский полуостров, с одной стороны, и Ближний Восток – с другой. Так в Португалии известно 6 видов, в Испании – 7, в Италии – 5, в Греции -4, в Болгарии -3, в Албании, б. Югославии и Румынии – по 2, в Сирии - 8, в Турции, Ливане, на Кипре, в Иране – по 6, в Израиле - 5, на Синайском полуострове – 4, в Иордании – 3, включая эндемичный вид *D. jordanicus*; во всех государствах Средней Азии, в Казахстане, России и большинстве европейских стран – один вид, часто заносный. В этих странах распространена дикорастущая *D. carota*, а в некоторых еще и один-несколько однолетних видов. Приведенные цифры не совсем сопоставимы, так как для некоторых стран указывается несколько (до 10) подвидов или разновидностей *D. carota*, тогда как в других странах подобные таксоны рассматриваются как виды.

Одним из центров разнообразия являются страны Пиренейского полуострова. Для Испании Saenz Rivas & Heywood [2,5] приводят *D. carota* с подвидами, *D. durieua, D. aureus, D. muricatus, D. setifoius* и *D crinitus;* их классификация (5 секций) принята этими авторами в основном по Thellung. Позже в Испании был описан новый эндемичный вид *D. arcanus* [3] и рассматривается 7 видов, отнесенных к секциям *Anisactis, Daucus.*

Таксономией рода *Daucus* и, в частности, ботанической внутривидовой классификацией *D. carota*, занималось несколько специалистов-систематиков. Их предложения часто плохо согласуются с взглядами агрономов и селекционеров культивируемой моркови.O. Drude (1898) выделил в пределах рода секции *Durieua* (Boiss. & Reut.) Drude, *Ctenolophus* Battard. & Trabut, Eu-Daucus (по Кодексу ботанической номенклатуры правильно: *Daucus)* с 4 группами (подсекциями) – *Meoides* Lange, *Muricati* Drude, *Gummiferi* Drude и *Carotae* Drude; последняя секция *Heterocanthium* возможно включена в *Daucus* ошибочно. Позднее классификация рода Он предложил выделение секций *Anisactis* DC., *Leptodaucus* Thell., *Carota* DC., *Pseudoplatyspermum* Thell., *Platyspermum* (Hoffm.) Thell. и *Chrysodaucus* Thell [2].

В монографическом обзоре рода C.Saenz Lain [5] предложила новую модификацию системы *Daucus.* В этой системе принимается 5 секций – *Daucus* (12 видов), *Platyspermum* (3 вида), *Anisactis* (3 вида), *Chrysodaucus* (1 вид) и *Meoides* (1 вид).

Самым сложным и в то же время актуальным не только в научном, но и практическом аспектах является внутривидовая классификация вида *D. carota*. Heywood [2] предложил следующую классификацию для секции *Carota* (комплекс *D. carota-gingidium*, фактически *D. carota* s.l.) в Европе: subsp. carota, subsp. *maritimus*, subsp. *major*, subsp. *maximus*, subsp. *gummifer*, subst. *commutatus*, subsp. *hispanicus*, subsp. *hispidus*, subsp. *gadecaei*, subsp. *drepanensis*, subsp. *rupestris*. Немалый интерес представляет собой дальнейшая детализация этой классификации, предлагаемая во "Flora Iberica" на региональном уровне. В пределах *D. carota* различается 9 подвидов, некоторые из которых выделены в этой обработке впервые – subsp. *carota*, subsp. *maximus*, subsp. *sativus*, subsp. *cantabricus*, subsp. *hispanicus*, subsp. *gummifer*, subsp. *majoricus*, subsp. *commutatus*, subsp. *halophilus*. Некоторые из этих подвидов, в частности последний, вполне могут трактоваться как отдельные виды, хорошо различающиеся по морфологии. Надо отметить, что для других частей ареала *D. carota* такой детальной классификации не существует.

Внутривидовая изменчивость *D. carota* изучалась методами нумерической таксономии с использованием канонического и кластерного анализов [6]. Выяснено, что культурные популяции четко отграничены от дикорастущих по ряду признаков, связанных с селекцией. Культурные моркови в этой работе разделены на три группы- восточную, западную и промежуточную. Дикорастущие моркови подразделяются на две перекрывающиеся группы – subsp. *gingidium* и subsp. *carota*.

Разнообразие популяций дикорастущей моркови, выявленное и описанное классическими ботаническими методами должно быть принято во внимание в селекционной работе с этим видом.

Использование в селекционной работе с морковью столовой полезных признаков, переданных от других видов и разновидностей рода, заманчивая идея для селекционера, тем более что она с успехом используется в селекции томата.

Работа над устойчивостью к вредителям более новое направление для отечественных селекционеров, хотя известны заявленные успехи английских селекционеров, которые перенесли от дикого вида *Daucus capillifolius* Gilli. к культурной *Daucus carota* L. ген устойчивости к морковной мухе (*Psila rosae*), а потом в течение 18 лет путем беккроссов возвращались к корнеплоду культурной моркови. В течение этих исследований была выяснена причина - хлорогеновая кислота, присутствие которой и создает тот своеобразный морковный запах, привлекающий и морковных мух. Два года тому назад во ВНИИО с помощью профессора Ботсада МГУ М.Г. Пименова начала создаваться коллекция дикорастущих видов и разновидностей рода *Daucus (*в настоящее время она насчитывает 17 образцов) чтобы впоследствии включать их в селекционный процесс. Такая работа в мире ведется уже около 30 лет. У нас в России такой коллекции нет. Результаты оценки данной коллекции на искусственных фонах показали, что есть виды практически не восприимчивые к изучаемым патогенам.

Список образцов диких видов и разновидностей рода Daucus , включенных в исследования:

1. *Daucus carota- platanios* (Crite) 17/06/06-посевной №8
2. *Daucus involucratus* (Crite) prov. Maroulas, 13/06/06-посевной№ 7
3. *Daucus littoralis* (Turkey) prov. Antalya Fenike 12/07/07-посевной№ 4
4. *Daucus bicolor = D. brotheri* (Turkey) 30/06/07-посевной№ 5
5. *Daucuc quttatus* (Turkey) prov. Denizli Pamukkale 15/07/07-посевной№2
6. *Daucus carota* –Греция- Корфу - 2007 – посевной№- 3
7. *Daucus quttatus* (Turkey) prov. Antalya Fenike 12/07/07-посевной№ 1
8. *Daucus quttatus* (Turkey) prov. Isparta Sufouler 06/07/07-посевной№6
9. *Daucus carota maxima* Turku prov. Kactamonu 21.08.08 Iuebalu
10. *Daucus carota* Turku - 10.08.08 sartavul prov. Karaman / Mut
11. *Daucus carota* Marocos – 22.10.08 Portuqal, Modeire

12. *Daucus carota qunei qurt* Turku prov. Karaman 13.08 08.
13. *Daucus carota* Кюре Turku prov. Kactamonu 21.08.08.
14. *Daucus broteri* Turku prov. Karaman 12.08.08. 17км от Ermeneis-Xekopra
15. *Daucus carota* Turku prov.Qankiri 20.08.08 - Tossia
16. *Daucus nesare* 16.10.08 Portuqal
17. *Daucus halophilus* (солелюбивая) Caloda Roce 11.10.08 Portuqal.

Методика исследований

Оценка коллекционных образцов проводилась в лаборатории корнеплодных культур ВНИИО в 2008 году на искусственных и естественном фонах по следующей методике:

Виды и разновидности дикой моркови высевали на 3-х фонах: естественное заражение и двух инфекционных фонах –*Alternaria radicinia* M Dr et E, *Fusarium avenaceum* Link .Ex Er. Посев семян проведили в третьей декаде мая. После того как отдельные образцы образовали стебель, они были накрыты изоляторами (1 августа). Опыление семенников дикой моркови проводили при помощи синей мясной мухи.

Список образцов (2008): **1**. *Daucus carota- platanios* (Crite) 17/06/06-посевной №8; **2**. *Daucus involucratus* (Crite) prov. Maroulas, 13/06/06-посевной № 7; **3**. *Daucus littoralis* (Turkey) prov. Antalya Fenike 12/07/07-посевной № 4; **4**. *Daucus bicolor = D. brotheri* (Turkey) 30/06/07-посевной № 5 ; **5**. *Daucus quttatus* (Turkey) prov. Denizli Pamukkale 15/07/07-посевной №2; **6**. *Daucus carota* –Греция- Корфу - 2007 – посевной №- 3; **7**. *Daucus quttatus* (Turkey) prov. Antalya Fenike 12/07/07-посевной № 1; **8**. *Daucus quttatus* (Turkey) prov. Isparta Sufouler 06/07/07-посевной №6.

На искусственные фоны под образцы дикой моркови вносили: почвенный инокулюм грибов *Alternaria radicinia* M Dr et E, *Fusarium avenaceum* Link .Ex Er, размноженный на зерносмеси, внесенной и перемешанной с поверхностным слоем почвы (5-7 см).

Площадь посева одного образца составляла 0,3 м^2 (100 см х 30 см). Инфекцию вносили одновременно с посевом семян. На один погонный метр расходовали 30-40 г инокулюма.

На искусственном фоне *Alternaria radicinia* M Dr et E дополнительно по растениям дикой моркови делали опрыскивание суспензией спор гриба по листовому аппарату в концентрации 2 х10^{-6} спор в мл (8 августа).

Уборку (учет и оценку) диких видов моркови проводили на инфекционных фонах 14 октября, на естественном фоне 16 октября 2008года.

Результаты исследований и их обсуждение

В 2008 году из высеянных восьми образцов всходы были получены только по четырем – посевной номер 3, 5, 6 и 8.

В начале вегетации образцы №5 Daucus bicolor = D. brotheri (Turkey) и №7 *Daucus quttatus* (Turkey) prov. Isparta Sufouler в фазе 3 – 4 настоящих листьев на инфекционных фонах *Alternaria radicinia* M Dr et E, .Fusarium avenaceum Link .Ex Er имели очень высокий балл поражения (4 балла) и погибли.

При проведении морфологических описаний у отдельных образцов была отмечена антоциановая окраска листьев и черешков, а также появление в середине зонтиков бордовых цветочков, что по данным Власовой [1] характерно для диких видов моркови.

Изучение образцов из приведенного выше списка на инфекционном фоне *Fusarium avenaceum* Link .Ex Er, показало, *Daucus carota- platanios* (Crite) и *Daucus carota* –Греция-Корфу имели балл поражения на листьях от 0,91 до 1,3 соответственно, что по шкале оценки соответствует как слабовосприимчивые. Признаков поражения корнеплодов болезнями не обнаружено. На инфекцинном фоне *Alternaria radicinia* M Dr et E были получены всходы для оценки у образца *Daucus carota- platanios* (Crite). Из 29 растений у шести были образованы стебли высотой от 43 до 75 см. Оценка по листовому аппарату показала, что данный образец, имея средний бал поражения - 2,02 является слабовосприимчивым. На корнеплодах поражения болезнью отмечено не было.

На естественном фоне на устойчивость к альтернариозу были изучены образцы . *Daucus*

carot- platanios (Crite), . *Daucus carota* –Греция- Корфу. У образца *Daucus carota- platanios* (Crite) у всех растений был сформирован стебель, высота семенного куста достигала 113 см. Балл поражения на листовом аппарате составил от 1 до 3,5 – сильно восприимчив. Образец *Daucus carota* –Греция- Корфу относится к средневосприимчивым, средний балл поражения листьев составил 1,8. Растения данного образца сформировали семенные кусты высотой от 32 до 115см. Семена у данного образца, к сожалению, получить не удалось из-за поздних сроков цветения по причине летнего срока посева.

Выводы

Экспериментальные данные показывают, что образцы диких видов моркови: №5 Daucus bicolor = D. brotheri (Turkey) и №6. Daucus quttatus (Turkey, prov. Isparta Sufouler) на инфекционных фонах *Alternaria radicinia* M Dr et E, *Fusarium avenaceum* Link .Ex Er сильно восприимчивы, № 8 *Daucus carota- platanios* – восприимчив к поражению *Alternaria radicinia* M Dr et E (естественный и инфекционный фон), а к *Fusarium avenaceum* Link .Ex Er, – слабовосприимчив, №3- *Daucus carota* –Греция - Корфу на естественном фоне проявил себя как средневосприимчивый, на инфекционном фоне *Fusarium avenaceum* Link. Ex Er - слабовосприимчивый.

Таким образом, изученные в 2008 году виды дикой моркови не показали высокой устойчивости к поражению грибами *Alternaria radicinia* M Dr et E и *Fusarium avenaceum* Link. Ex Er и, соответственно, не могут использоваться в селекционной практике как доноры устойчивости. Коллекция диких видов моркови пополняется и работа по поиску устойчивых видов продолжится.

Литература

1. *Власова Э.А., Сазонова Л.В.* Корнеплодные растения. Л.: «Агропромиздат»,1990 г., 295 с.
2. *Heywood, V.H.* Multivariate taxonomic synthesis of the tribe Caucalideae. Proceedings of Symposium International sur les Umbelliferes, 1978, p. 727-736.
3. *Heywood, V.H.* Relationship and evolution in the *Daucus carota* complex. Israel Journal of Botany 32, 1983, p. 51-65.
4. *Rubatzky, V.E., Quiros C.F. and Simon P.W.* Carrots and Related Vegetable Umbelliferae. CABI Publishing, 1999, p. 294.
5. *Sáenz Lain, C.* Research on Daucus L. (Umbelliferae). Annales sel Instituto Botanico A. J. Cavanilles 37, 1981, p. 481-534.
6. *Small, E.* A numerical taxonomic analysis of the *Daucus carota* complex. Canadian Journal of Botany 56, 1978, p. 248-276.

АЛЛЕЛЬНОЕ РАЗНООБРАЗИЕ ГОРДЕИН-КОДИРУЮЩЕГО ЛОКУСА *Hrd A* У *HORDEUM SPONTANEUM* C. Koch – ДИКОГО РОДИЧА КУЛЬТУРНОГО ЯЧМЕНЯ ИЗ ИЗРАИЛЯ (КАК ЧАСТИ ДУГИ ПЛОДОРОДИЯ).

А. А. Поморцев, Е. В. Лялина

Учреждение Российской академии наук Институт общей генетики им. Н.И. Вавилова РАН, Москва, Россия, e-mail: Pomortsev@vigg.ru

Резюме

Изучали полиморфизм локуса *Hrd A* у 100 образов *H. spontaneum* C. Koch и у 15 местных образцов культурного ячменя (*H. vulgare* L.) из Израиля. У дикого ячменя обнаружено 59, а у культурного ячменя – 12 вариантов блоков компонентов А-гордеина. При этом у *H. spontaneum* и *H. vulgare* этом идентичных блоков компонентов гордеина А не обнаружено. Это не позволяет согласиться с точкой зрения, что одним из мест введения ячменя в культуру является территория Израиля как части Дуги Плодородия.

ALLELE DIVERSITY OF HORDEIN-CODING LOCUS *Hrd A* IN *HORDEUM SPONTANEUM* C. KOCH., A WILD RELATIVE OF CULTIVATED BARLEY. FROM ISRAEL (AS A PART OF FERTILE CRESCENS)

A. A. Pomortsev, E. V. Lyalina
N.I. Vavilov Institute of General Genetics, RAS, Moscow, Russia, e-mail: Pomortsev@vigg.ru

Abstract

Polymorphism of *Hrd* locus in 100 accessions of *H. spontaneum* C. Koch and 15 landraces of cultivated barley (*H. vulgare* L.) from Israel was analyzed. Fifty eight variants of the A-hordein block components in wild, and 12 variants – in cultivated barley have been identified. *H. spontaneum* and *H. vulgare* have not shared any identical variants of the A-hordein blocks of components. This disagrees with a hypothesis that Israel, as a part of Fertile Crescent was one of the possible sites of barley domestication.

Введение

Изучение происхождения культурного ячменя, равно как и других культурных растений, предполагает поиск ответов на следующие вопросы: 1) какой дикий вид или виды являются предками культурной формы (моно- или полифилетическое происхождение)?; 2) в каком месте или местах произошла доместикация (моно- или политопное введение в культуру)? Если по первому вопросу после длительных дискуссий и многочисленных исследований различных авторов получены убедительные доказательства, что диким предком культурного ячменя является *H. spontaneum* C. Koch, то второй вопрос дискутируется до сих пор. О центре происхождения культурного ячменя выдвинуты целый ряд гипотез: 1) Южная Туркмения [1]; 2) Юго-Западноазиатский центр [2]; 3) Тибет [10, 21], Египет [1]; 5) Марокко [16], Эфиопия [18]; 7) Юго-восточная Туция [15], 8) Дуга Плодородия [12], 9) долина реки Иордан [13]; 10) Дуга Плодородия и Западный Пакистан [17]. Часть перечисленных гипотез основывается на существовавших в то или иное время археологических данных, другая – на изучении существующего разнообразия культурного и дикого ячменя по полиморфным генетическим маркерам (фенотипические признаки, белковые и ДНК-маркеры). В настоящее время наиболее популярна гипотеза о введении ячменя в культуру в Дуге Плодородия, проходящей от Хузистана в юго-западном Иране по горам Загрос и Тавр в Иране, Ираке и Турции, в Центральной и Западной Анатолии и южной части Палестины (Израиль). При этом наиболее древнее использование ячменя в пищу человеком зафиксировано в Охало II (район Галилейского моря, Израиль), датируемое 17 - 21 тысячелетием до н.э. [13, 20].

У ячменя одной из наиболее полиморфных белков систем являются спирторастворимые белки эндосперма – гордеины. Известно, что гордеины, выявляемые методом электрофореза в крахмальном геле, контролируются семью локусами – *Hrd A – Hrd G*, наследуемыми сцепленно и локализованными в коротком плече хромосомы 5 [4, 8, 19]. Три локуса – *Hrd A, Hrd B* и *Hrd F* являются высоко полиморфными и кодируют группы совместно наследуемых компонентов гордеинов (блоки компонентов), различающихся по числу, подвижности и интенсивности входящих в них белковых полос.

В настоящем сообщении представлены результаты изучения разнообразия локуса *Hrd A* у образцов культурного и дикого ячменя (*H. spontaneum* C. Koch) из Израиля.

Материал и методы

Полиморфизм гордеинов изучали у 15 местных образцов культурного ячменя, полученных из Всероссийского института растениеводства им. Н.И. Вавилова (ВИР) и у 100 образцов *H. spontaneum* C. Koch из различных районов Израиля, которые были любезно предоставлены профессором E. Nevo (Institute of Evolution, University of Haifa) (рис. 1).

Электрофорез гордеинов проводили в столбиках 12 - 14%-ного крахмального геля с 3М мочевиной в алюминий-лактатном буфере с pH 3,1 по методике А.А. Созинова и Ф.А. Поперели [9] с некоторыми модификациями [7].

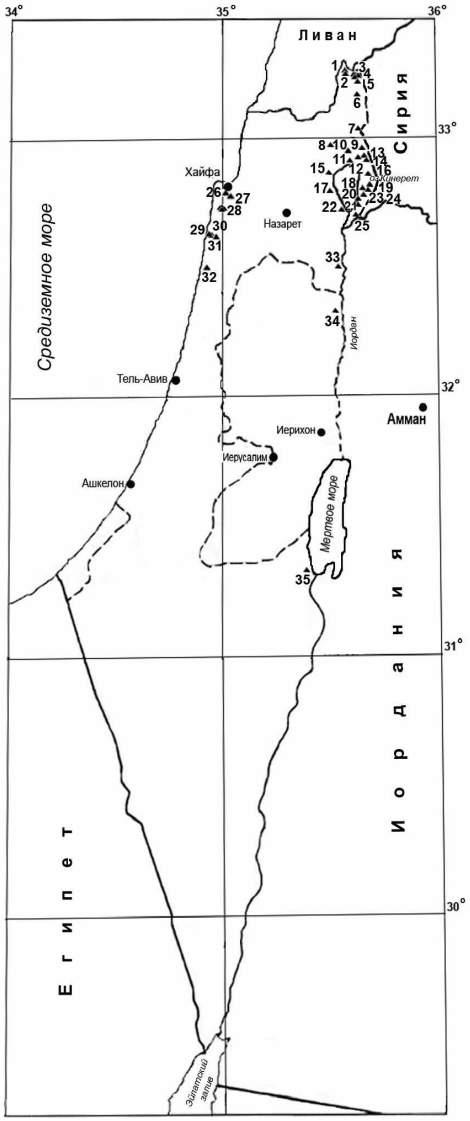


Рис. 1. Места сборов образцов *H. spontaneum* C. Koch в Израиле и Палестине.

Результаты и обсуждение

К настоящему времени в результате анализа 1667 образцов культурного ячменя из 25 стран, входящих в центры разнообразия и граничащих с ними по локусу *Hrd A* обнаружено 150 аллелей (рис. 2). Из рисунка видно, что среди выявленного разнообразия гордеинов А можно выделить группы фенотипически схожих вариантов блоков компонентов.

Группы фенотипически сходных компонентов, отличающихся друг от друга количеством, относительной подвижностью или интенсивностью отдельных компонентов, мы называем *семействами блоков компонентов*. Среди обнаруженных у культурного ячменя вариантов гордеинов А мы выделили 12 таких семейств. Возникновение семейств блоков компонентов гордеина можно объяснить мутациями в отдельных генах, входящих в состав локуса *Hrd A*. Так, при электрофоретическом анализе гордеинов у ряда мутантных по морфологическим признакам линий, полученных при химическом мутагенезе из сорта Одесский 46, нами были обнаружены линии, электрофореграммы гордеина А которых представлены на рис. 3. Из рисунка видно, что на спектре А-гордеина мутантов М564 и М109 в сравнении с электрофореграммой гордеина исходного сорта, отсутствует компонент, а у мутанта М88 – изменилась подвижность компонента. Таким образом, вариант блока гордеина А3 и его мутантные варианты составляют одно семейство. Можно предположить, что каждый из этих вариантов в дальнейшем может послужить исходным для возникновения новых вариантов блоков компонентов в результате мутаций.

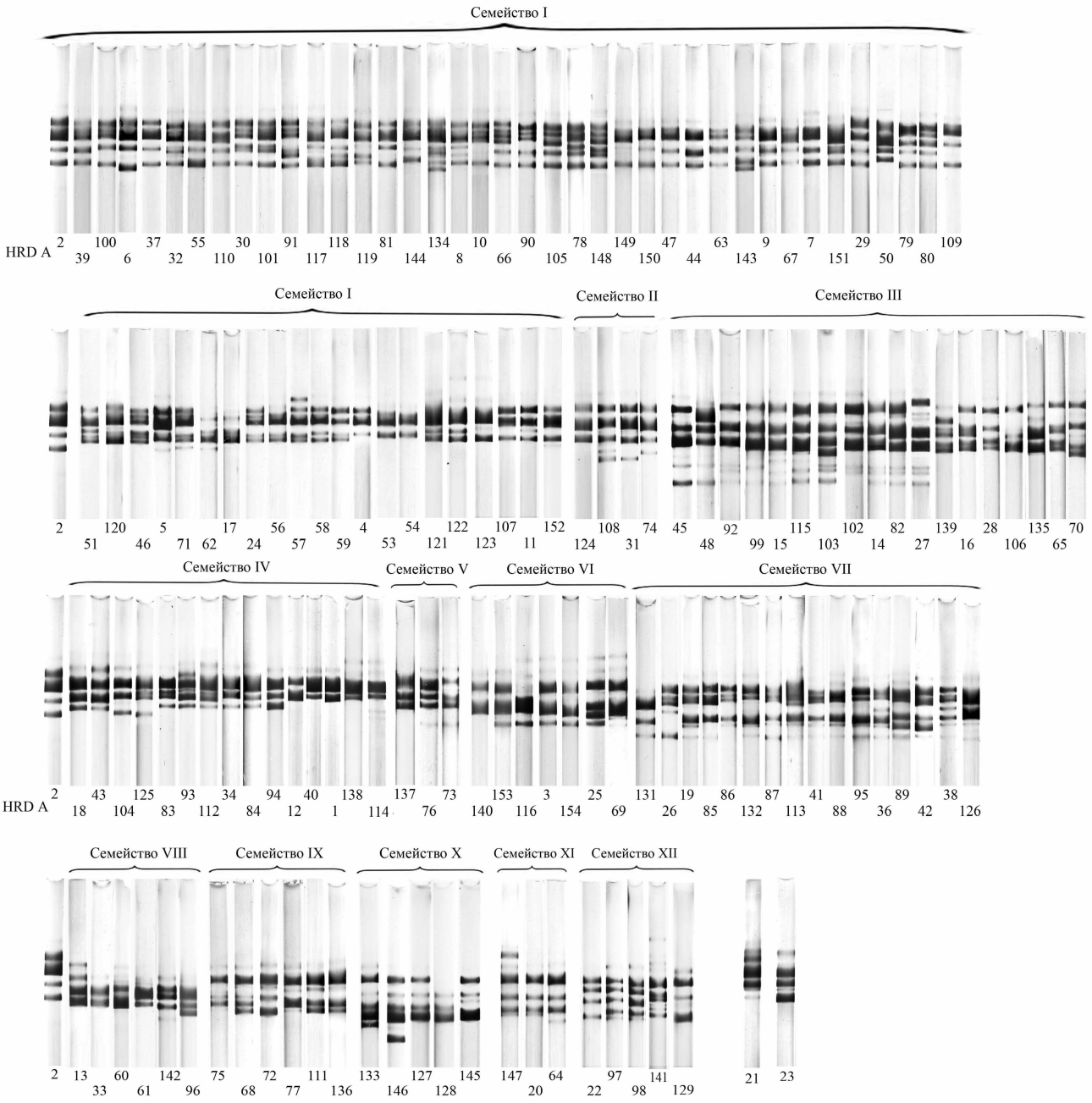


Рис. 2. Варианты гордеина А, обнаруженные при анализе 1667 образцов местного культурного ячменя из 25 стран мира.

Обнаруженные у культурного ячменя семейства блоков компонентов А-гордеина значительно различаются по числу входящих в них вариантов блоков компонентов. Так, наиболее многочисленное семейство I (рис. 1) включает 60 вариантов, тогда как семейства V и XI – только по 3 варианта.

Исходя из того, что внутри семейств новые варианты возникают в результате мутаций, можно предположить, что семейство, включающее наибольшее число блоков, является и наиболее «древним» у культурного ячменя. Кроме того, логично предположить, что такое «древнее» семейство (его представители), должно быть и наиболее широко распространено пространственно, а его «основатели», т.е. варианты, которые могли бы рассматриваться как исходные – иметь и наиболее высокие частоты у культурного ячменя в целом. Варианты блоков компонентов, относящиеся к семейству I, обнаружены нами у образцов из всех стран, откуда были исследованы образцы местных ячменей (Марокко, Тунис, Алжир, Египет, Эфиопия, Турция, Ирак, Сирия, Иордания, Палестина, Израиль, Йемен, Туркмения, Узбекистан, Таджикистан, Иран, Афганистан, Пакистан, Киргизия, Монголия, Индия,

Япония, Китай, включая Тибет, Непал), за исключением Памира. При этом в исследованной

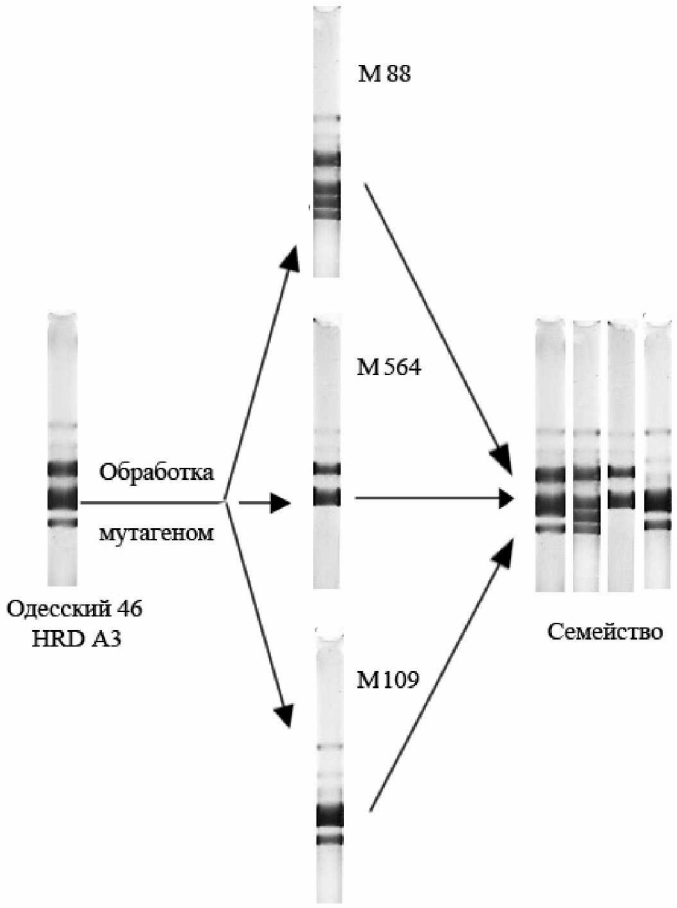


Рис. 3. Формирование семейства блоков компонентов гордеина А (мутанты по локусу *Hrd A*, полученные путем химического мутагенеза из сорта Одесский 46)

коллекции в целом наиболее высокие частоты имели варианты А2 (19,54%) и А24 (9,23%) этого семейства. Остальные представители семейства I характеризовались частотами от 0,01% (А148) до 1,64% (А 120). Однако открытым остается вопрос о возникновении самих семейств. Можно предположить, что представители наиболее «древнего» семейства могли присутствовать у формы *H. spontaneum* C. Koch, которая впервые была введена в культуру. И исходя из распространения и частот встречаемости, в качестве таких представителей могут рассматриваться варианты А2 и А24. Появление же других относительно малочисленных («молодых») семейств вариантов блоков компонентов может объясняться интрогрессией от *H. spontaneum* C. Koch в культурный ячмень в результате спонтанной гибридизации между ними при распространении культурного ячменя из центра его происхождения.

Таким образом, рассматривая Израиль как возможный район введения ячменя в культуру, и исследуя здесь полиморфизм гордеинов у культурного ячменя и *H. spontaneum*, мы исходили из следующих представлений. В случае если доместикация ячменя произошла на территории Израиля, то, как у образцов культурного ячменя, так и у образцов *H. spontaneum*, можно было бы ожидать, во-первых, присутствие одних и тех же вариантов гордеина, во-вторых, присутствие в популяциях дикого ячменя представителей самых широко распространенных вариантов гордеина А (А2 и А24) семейства AI. Здесь следует отметить, что распределение аллелей гордеин-кодирующих локусов сопряжено с изменчивостью ряда климатических факторов – количеством осадков в год, средней температурой июля, суммой эффективных температур и континентальностью климата [5]. Однако считается, что за последние 7 - 9 тыс. лет климат в этом районе существенно не менялся [3].

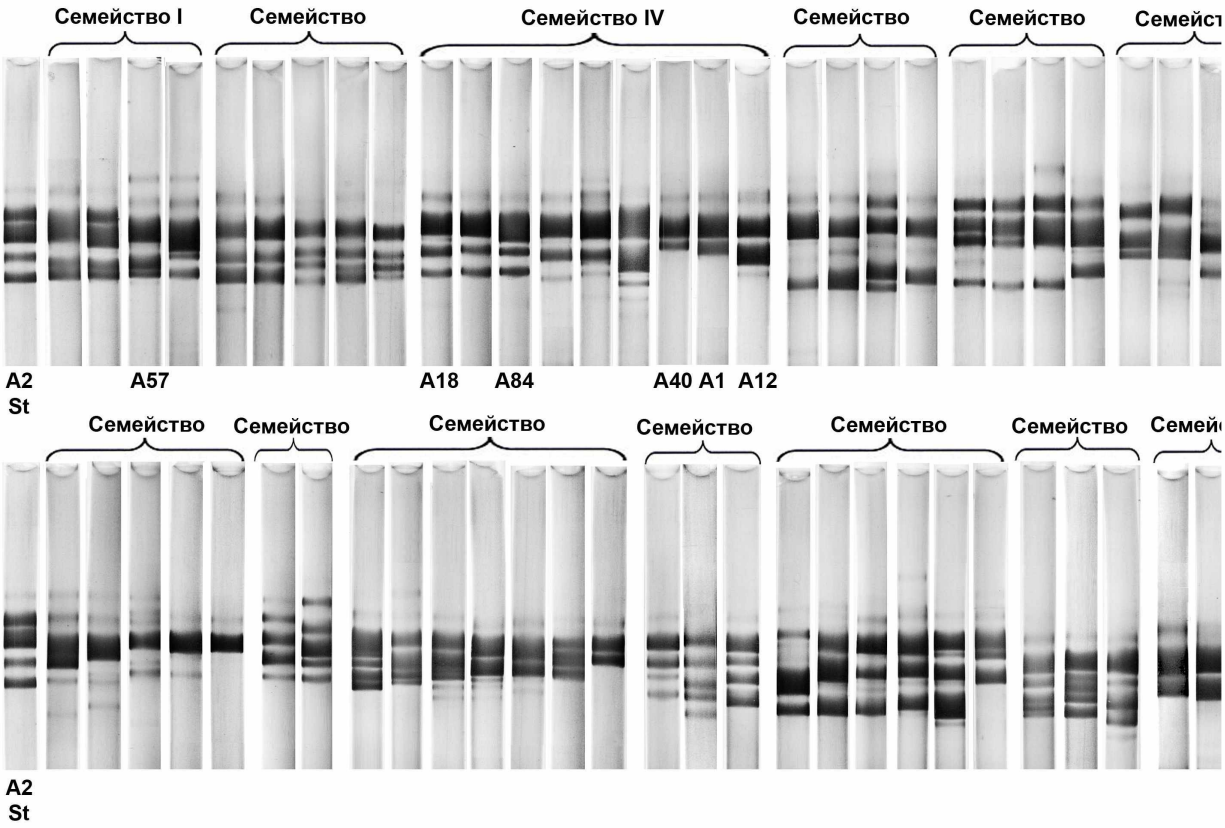


Рис. 4. Варианты блоков компонентов гордеина А, обнаруженные у исследованных образцов *H. spontaneum* из Израиля (st A2 - наиболее распространенный вариант гордеина А у культурного ячменя).

В результате анализа образцов *H. spontaneum* идентифицировано 59 вариантов блоков компонентов гордеина А, которые были сгруппированы нами в 13 семейств (рис. 4). При этом у отдельных растений в образцах из Rosh Pina (точка 8 на рис. 1), Susita (23), Mitzpe Ofir (29), Tabigha (34) были обнаружены варианты, относящиеся к семейству I гордеина А. У одного образца из Rosh Pina присутствовал вариант HRD A57, который ранее нами был найден только у одного местного образца культурного ячменя из Эфиопии [6]. Кроме того, были обнаружены 5 вариантов блоков, относящихся к семейству IV, выделяемого нами для А-гордеина у культурного ячменя A18 (Hermon, точка 3 на рис. 1), A84 (Tabigha, 34), A40 (Elron, 6), A1 (Kfar Haruv, 21), A12 (Jehudija, 12). Остальные варианты А-гордеинов, присутствующие у исследованных образцов *H. spontaneum*, как и семейства блоков компонентов, у культурного ячменя ранее обнаружены не были. При анализе 15 образцов культурного ячменя из Израиля и Палестины нами были обнаружены 12 вариантов гордеина А, относящиеся к шести семействам (рис. 5). При этом у исследованных образцов не было обнаружено ни одного варианта блоков компонентов А-гордеина, которые присутствовали у изученных образцов *H. spontaneum* из Израиля.

Представленные в настоящей работе данные по изучению полиморфизма гордеинов у *H. spontaneum* из Израиля являются предварительными. Однако отсутствие у исследованных образцов культурного ячменя и его дикого предшественника одинаковых аллелей одного из самых полиморфных локусов – *Hrd A* не позволяет согласиться с точкой зрения, что одним из мест введения ячменя в культуру является территория Израиля как части Дуги Плодородия.

Работа выполнена в рамках программы «Генофонды и генетическое разнообразие» проекта «Генетическое разнообразие культурных злаков, представителей трибы Triticeae: возникновение и формирование в процессе доместикации и распространения видов в агрокультуре».

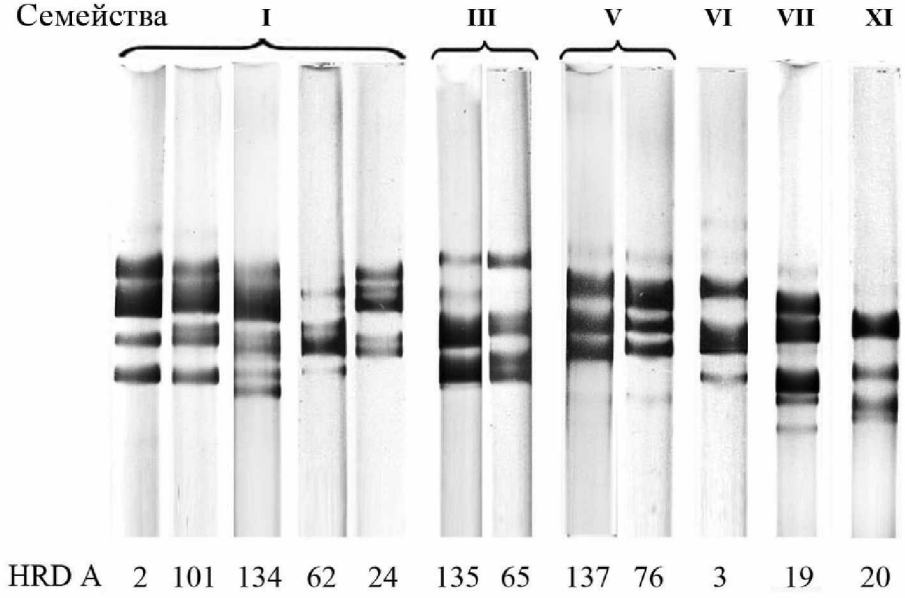


Рис. 5. Варианты гордеина А, обнаруженные у образцов культурного ячменя из Израиля и Палестины.

Литература

1. *Бахтеев Ф.Х.* К истории культуры ячменя в СССР// Материалы по истории земледелия СССР, сб. II. М.-Л.: Изд-во АН СССР. 1956. С. 204-257
2. *Вавилов Н.И.* Учение о происхождении культурных растений после Дарвина// Советская наука. 1940, №2. С. 55-75.
3. *Лисицына Г.Н., Прищепенко Л.В.* Палео-этноботанические находки Кавказа и Ближнего Востока. М.: Наука, 1977, 113 с.
4. *Поморцев А.А., Нецветаев В.П., Попереля Ф.А., Созинов А.А.* Идентификация шестого локуса, контролирующего синтез гордеина у озимого ячменя// Докл. ВАСХНИЛ. 1983. №1. С. 7-9.
5. *Поморцев А.А., Калабушкин Б.А., Ладогина М.П., Бланк М.Л.* Геногеография и закономерности распространения аллельных вариантов в трех гордеинкодирующих локусах ярового ячменя на территории бывшего СССР// Генетика. 1994. Т. 30. N 6. С. 806-815.
6. *Поморцев А.А.* Исследование полиморфизма гордеинов у ячменей Эфиопии// Генетика. 2001. Т. 37, № 10, С. 1371-1382.
7. *Поморцев А.А., Лялина Е.В.* Идентификация и оценка сортовой чистоты семян ячменя методом электрофоретического анализа запасных белков зерна / под ред. В.А. Пухальского. М.: Изд-во МСХА, 2003, 83 с.
8. *Созинов А.А., Нецветаев В.П., Григорян Э.М., Образцов И.С.* Картирование локусов *Hrd* у ячменя (*Hordeum vulgare* L. emed. Vav. et Bach.)// Генетика. 1978. Т. 14. № 9. С. 1610 – 1619.
9. *Созинов А.А., Попереля Ф.А.* Методика вертикального дискового электрофореза в крахмальном геле и генетический принцип классификации глиадинов. Одесса: 1978. 16 с.
10. *Åberg E. Hordeum agriocrithon* nova sp. a wild six rowed barley// Ann. Roy. Agr. Col. Sweden. 1938. V. 6. P. 159-216.
11. *Badr A., Muller K., Schafer-Pregl R., El Rabey H., Effgen S., Ibrahim H.H., Pozzi C., Rohde W., Salamini F.* On the origin and domestication history of barley (Hordeum vulgare)// Mol. biol. evol. 2000. V. 17. N 4. P. 499-510.
12. *Harlan J.R. and Zohary D.* Distribution of wild wheats and barley// Sciences. 1966. V. 153. N 3741. P. 1074-1080.
13. http://blogs.america.gov/ru
14. Killian B., Özkan H., Kohl J., von Haeseler A., Baral F., Deuch O et al. Haplotype structure at seven barley genes: relevance to gene pool bottlenecks, phylogeny of ear type and site of barley domestication// Mol. Gen. Genomics. 2006. V. 276. P. 230-241.
15. *Lev-Yadum S., Gopher A., Abbo S.* The cradle of agriculture// Science. 2000. V.288. P.1602-1603.
16. *Molino-Cano J.-L., Fra-Mon P., Salcedo G., Aragoncillo C., Roca de Togores F. and Garcia-Olmedo F.* Marocco as possible domestication centre for barley: biochemical and agromorphological evidence//

Theor Appl. Genet. 1987. V73. P. 531-536.
17. *Morrell P.L., Clegg M.T.* Genetic evidence for a second domestication of barley (*Hordeum vulgare*) east of the Fertile Crescent// Natl. Acad. Sci. (U,S.A.). V104. No9. P. 3289-3294.
18. *Negassa M.* Patterns of phenotypic diversity in an Ethiopian barley collection, and the Arussi-Bale Higland as a center of origin ob barley// Hereditas. 1985. V. 102. P. 139-150.
19. *Netsvetaev V.P. and Sozinov A.A.* Location of a hordein G locus, *Hrd G*, on chromosome 5 of barley// Barley Genetics Newsletter. 1984. V. 14. P. 4-6.
20. *Willcox G.* Archeobotanical evidence for the beginnings of agriculture in Southwest Asia//The origins of agriculture and crop domestication. Proceed. of Harlan Symp. Aleppo, Syria. 10-14 May, 1997. P. 25-38.
21. *Zhang Q., Saghai Maroof M.A., Yang P.G.* Ribosomal DNA polymorphisms and the Oriental-Occidental genetic differentiation in cultivated barley// Theor. Appl. Genet. 1992. V. 84. P. 682-687.

ФЕНОМЕНОЛОГИЯ ПСЕВДОСОВМЕСТИМОСТИ У ЯРОВОЙ ДИПЛОИДНОЙ РЖИ ИЗ КОЛЛЕКЦИИ ВИР

И. С. Попова
Институт цитологии и генетики, СО РАН, Новосибирск, Россия, e-mail: kinjiru@ngs.ru

Резюме

Изучена реакция на принудительное самоопыление у большого числа образцов яровой диплодной ржи из географической коллекции ВИР. Показано, что расселение ржи из центра происхождения не сопровождалось радикальным изменением системы размножения. Яровая рожь самонесовместима по всему ареалу. Самофертильные популяции не обнаружены. Различие между эколого-географическими группами образцов проявилось лишь на фоне относительно высокой псевдосовместимости, обусловленной определенными факторами внешней среды. Экспериментальные данные лежат на стыке изучения культурной эволюции посевной ржи и проблем селекции; интересны для исследования систем размножения вида.

DIPLOID RYE PSEUDOCOMPATIBILITY

I. S. Popova
Institute of Cytology and Genetics, SB RAS, Novosibirsk, Russia, e-mail: kinjiru@ngs.ru

Abstract

Reaction of the large number of specimens of spring diploid rye from The Vavilov Institute of Plant Industry geographic collection to forced selffertilization was examined. It was shown that the resettlement of the rye from the point of origin was not accompanied by radical changes in reproduction system. Spring rye is selfincompatible throughout the area. Selffertile populations were not found. Difference between the ecogeographical groups of specimens revealed only against a background of high pseudocompatibility, which was conditioned by certain environmental factors. Experimental findings lie at the intersection of examination of sowing rye cultural evolution and breeding problems and are interesting for investigation of the species reproduction system.

Посевная рожь самонесовместима. Самонесовместимость (СН) затрудняет создание и поддержание линий, одинаково необходимых для изучения генетики вида и нужд селекции. Признак подвержен мутационной и модификационной изменчивости, но в последнем случае СН преодолевается без радикального изменения системы размножения [16].

Полагая, что из сорнополевой ржи можно выделить образцы с наибольшей склонностью к «автофертильности», В. И. и В. Ф. Антроповы первыми поставили задачу исследовать СН у образцов озимой ржи из географической коллекции ВИР. Всего в 1925–1927 гг. было изолировано 16 454 колоса. Однако «уже первый год изоляции растений ботанической коллекции ясно показал на большую склонность к самоопылению северных рас, в сравнении с южными и особенно с сорно-полевой рожью» [3, с. 116]. Правда, доля самофертильных цветков у исходных растений не превысила 5%-ный уровень, и разница между группами

образцов из разных географических районов была не столь очевидной. У образцов из Северной области она составила 4,8%, у сорнополевой ржи Закавказья – 4,4%, у сорнополевой ржи из Персии – 5,0%. Но вот у сорнополевой ржи из Туркестана и Афганистана этот показатель был существенно ниже – 2,2 и 2,4% соответственно. В инбредных поколениях различия между ЭГГ проявились еще отчетливее [1].

В семидесятые годы прошлого столетия эксперимент повторили в Новосибирске – в условиях длинного дня и умеренной температуры в период цветения ржи. Исследовалась склонность к псевдосовместимости (ПСС) у 142 образцов посевной и 31 образца сорнополевой диплоидной озимой ржи из коллекции ВИР [13]. Посев выполнили яровизированными семенами. Не совпадая в деталях, результаты экспериментов [1, 3, 13] подтвердили неодинаковую реакцию на принудительное самоопыление групп образцов из разных регионов ареала озимой ржи и различие между сорнополевой рожью первого и второго ее генцентров.

Отмечалось, что изоляция ржи из Малой Азии дала около 70% «автостерильных» колосьев. Но рожь Малой Азии состояла главным образом из яровых форм и должна была «представлять особую серию нашего исследования» [1, с. 21]. Однако данных о географической изменчивости ПСС у яровой ржи в доступной литературе мы не обнаружили.

Цель работы исследовать феноменологию псевдосовместимости у яровой ржи, оценить способность конкретных географических, пунктов модифицировать самонесовместимость, изучить возможность использования яровой ржи в качестве модельного объекта для изучения системы размножения у посевной ржи.

Материал и методы

Объектом исследования послужили образцы диплоидной яровой ржи из мировой коллекции, которые институт получил из ВИР трижды: в 1971, 1978 и 1987 гг. Мы обозначили их как первый, второй и третий варианты коллекции. Списочный состав вариантов совпал примерно на 75%. Образцы посевной ржи, представленной в основном местными формами, были распределены в шесть эколого-географических групп (ЭГГ) в соответствии с их произрастанием по ареалу: Северо-Запад, Центр, Юго-Запад, Восточная Сибирь, Дальний Восток и Южная Америка. Сорнополевая рожь образовала две ЭГГ: Кавказ (образцы из первого генцентра) и Припамирье (образцы из вторичного генцентра). Отдельные колосья на хорошо развитых растениях изолировали пергаментными изоляторами и поддерживали их в вертикальном положении с помощью системы опор. Эксперименты выполнены в Новосибирске и Усть-Каменогорске (Восточно-Казахстанская обл.). Результаты экспериментов публиковались лишь фрагментарно.

Таблица 1. Псевдосовместимость посевной и сорнополевой яровой ржи из коллекции ВИР, (ПСС%);

Год, пункт	Рожь посевная					Рожь сорнополевая				
	изучено, шт.		ПСС, %	самостерильных колосьев, %	цветков в колосе, среднее	Изучено, шт.		ПСС, %	самостерильных колосьев, %	цветков в колосе, среднее
	образцов	колосьев				образцов	колосьев			
Н, 1972	82	1136	0,36	94,0	55,9	33	658	0,57	89,5	54,4
Н,1978	108	1409	0,99	82,5	47,5	57	1201	0,77	88,6	47,2
УК, 1979	124	1716	6,48	29,5	58,3	56	957	5,15	43,4	58,6
УК ,1987	128	1440	2,50	55,4	56,4	43	570	2,54	59,6	56,9

Н – Новосибирск, УК – Усть-Каменогорск

Результаты и обсуждение

Результаты самоопыления яровой ржи суммированы в таблицах 1 и 2.

В Новосибирске в 1972 г. озерненность при самоопылении посевной ржи составила 0,36%, а сорнополевой – 0,57% ($F_{факт.}$ = 22,22 при $F_{0,05}$ = 3,84) (табл. 1). Однако сорнополевая рожь была представлена преимущественно образцами ЭГГ Кавказ. Средний показатель этой эколого-географической группы не отличался, скажем, от ЭГГ Юго-Запад (табл. 2).

Таблица 2. Псевдосовместимость эколого-географических групп образцов яровой ржи из коллекции ВИР, (ПСС%)

Форма ржи	Эколого-географическая группа	Пункт, год	Изучено образцов	Изучено колосьев	ПСС, %	Цветков в колосе, среднее	Самостерильных колосьев, %
Посевная	Северо-Запад	Н,1972	19	274	0,08	55,8	98,5
		Н, 1978	12	116	0,31	50,6	90,5
		УК, 1979	30	483	6,37	57,6	20,3
		УК, 1987	36	417	2,56	55,1	51,1
	Центр	Н, 1972	1	15	0	48,3	100,0
		Н, 1978	8	86	1,20	48,6	81,6
		УК, 1979	12	144	4,65	53,6	40,6
		УК , 1987	11	134	3,71	56,1	45,5
	Юго-запад	Н, 1972	17	259	0,54	54,3	89,6
		Н , 1978	22	514	0,60	47,3	91,2
		УК, 1979	23	289	5,72	55,8	40,1
		УК, 1987	31	334	2,60	57,0	59,3
	Восточная Сибирь	Н, 1972	41	581	0,28	57,4	96,6
		Н, 1978	56	502	1,17	47,0	78,5
		УК, 1979	48	668	7,53	61,2	29,8
		УК, 1987	31	380	1,90	58,0	58,9
	Дальний Восток	Н, 1972	4	7	1,50	56,1	72,8
		Н, 1978	6	160	0,79	48,9	86,2
		УК, 1979	5	66	5,01	57,5	29,5
		УК, 1987	5	61	3,26	57,4	45,9
	Южная Америка	Н, 1972	–	–	–	–	–
		Н, 1978	4	31	0,64	45,2	87,1
		УК, 1979	6	66	4,14	46,5	45,4
		УК, 1987	14	114	2,14	50,9	64,0
Сорнополевая	Кавказ	Н, 1972	29	599	0,59	54,7	89,0
		Н, 1978	34	786	0,68	46,6	88,8
		УК, 1979	34	469	4,62	59,0	47,1
		УК, 1987	28	427	2,75	57,7	56,7
	Припамирье	Н, 1972	4	59	0,33	5,7	93,2
		Н, 1978	23	415	0,93	48,4	88,2
		УК, 1979	22	488	6,51	57,6	33,9
		УК, 1987	15	143	1,88	54,6	68,5

В Новосибирске в 1978 г. у посевной ржи обнаружили 0,99%, а у сорнополевой ржи 0,77% самофертильных цветков ($F_{факт.}$ = 20,04). Две формы ржи различались и по частоте самостерильных колосьев ($F_{факт.}$ = 24,54), но, в сущности, у посевной и сорнополевой ржи проявился одинаково низкий уровень ПСС (табл. 1). Соответственно группы образцов из географически разобщенных территорий обнаружили низкую озерненность при самоопылении и высокую частоту самостерильных колосьев (см. табл. 2). В целом, псевдосовместимость в Новосибирске в 1972 г. характеризовалась величиной в 0,44, а в 1978 – 0,92% при частоте самостерильных колосьев 92,3 и 85,0% соответственно. При низком

уровне псевдосовместимости составить четкое представление о географической изменчивости признака не представлялось возможным. В частности, в Новосибирске в 1972 и 1978 гг. у эколого-географической группы Северо-Запад была выявлена низкая ПСС (соответственно 0,08 и 0,31%) и высокая частота самостерильных колосьев (98,5 и 90,5%), тогда как в соответствии с результатами по озимой ржи [1, 3] эта эколого-географическая группа относительно других ЭГГ должна была бы иметь меньшую частоту самостерильных колосьев.

Несколько иные результаты получили в Усть-Каменогорске. В 1978 г. в Новосибирске высевали все образцы второго варианта коллекции, но небольшую часть образцов посеяли в Усть-Каменогорске. В Казахстане изолировали колосья у 13 образцов ЭГГ Восточной Сибири и одного образца ЭГГ Дальнего Востока. Зерно завязалось в 7,2% случаев из 13 480 изолированных цветков. Средний уровень ПСС варьировал между образцами от 0,4% (к-10087) до 12,0% (к-7520). Если число зерен, полученное при самоопылении ржи в УК78, соотнести с числом цветков, изолированных в 1978 г. в Новосибирске, то озерненность при самоопылении повысится до 9,1%. Иными словами, природно-климатические условия Усть-Каменогорска характеризовались более выраженным модификационным эффектом.

Напротив, в 1979 г. второй вариант коллекции высеяли в полном объеме в Усть-Каменогорске (180 образцов) и лишь 51 образец – в Новосибирске. В Новосибирске ПСС 770 изолированных колосьев составила 1,2%, тогда как в Усть-Каменогорске обнаружили 6,1% самофертильных цветков. По сути, в каждом из географических пунктов повторились результаты предшествующего года. Более высокий уровень ПСС в Усть-Каменогорске сопровождался резким снижением частоты самостерильных колосьев, дифференцированным ответом ЭГГ на факторы внешней среды, статистически значимым различием между посевной и сорнополевой рожью. Наблюдали значимые различия между образцами и колосьями, но этот аспект модификационной изменчивости СН здесь не рассматриваем.

В 1987 г. в Усть-Каменогорске изучали образцы третьего варианта коллекции. В нем содержалось относительно большее число образцов ЭГГ Северо-Запада, Юго-Запада, Южной Америки. Изолировали 2010 колосьев и около 114 тыс. цветков. У посевной и сорнополевой ржи ПСС составила 2,5%. Из данных таблицы 2 видно, что «европейские» ЭГГ (Северо-Запад, Центр, Юго-Запад и Кавказ) характеризовались практически равной ПСС. Одинаково более низкая доля самофертильных цветков была выявлена у ЭГГ Восточной Сибири и Припамирья. В Усть-Каменогорске яровая рожь зацветает обычно в конце июня. В 1979 году средняя подекадная температура июня составила соответственно 17,3 – 18,2 – 20,2°С, а в 1987 – 12,4 – 18,4 – 15,8°С. Очевидно, более низкая температура конца июня явилась в 1987 г. причиной и более низкого, нежели в 1979 г., уровня псевдосовместимости.

В табл. 2 суммированы данные по 9087 изолированным колосьям и около 500 тыс. цветков. При средней в 2,53% ПСС у посевной ржи составила 2,73, а у сорно-полевой – 2,10% ($F_{факт}$ = 193,27). Реакция всех ЭГГ на годовые колебания факторов внешней среды оказалась однонаправленной (ранговый критерий Фридмана: X^2 = 60,77 при $X^2_{0,05}$ = 7,81). Но в целом, по выраженности признака не выявили существенной разницы между группами образцов, объединенных в ЭГГ (X^2 = 2,22 при $X.^2_{0,05}$ = 12,59). Известно, что при невысоких значениях ПСС низкая генотипическая составляющая признака закономерна [16]. Значимые различия между эколого-географическими группами образцов проявились лишь на фоне условий внешней среды, стимулировавших модификационную изменчивость СН (1979 г., Усть-Каменогорск).

В этом случае, как и у озимой ржи [1, 3, 13], относительно более высокую частоту «самофертильных» колосьев и, добавим, более высокую озерненность при самоопылении обнаружили у двух «северных» ЭГГ – Северо-Запада и Восточной Сибири. В. Е. Писарев [цит. по: 2] полагал, что ярица Восточной Сибири произошла из озимой ржи северных областей европейской части России. Похожую точку зрения находим у А. И. Купцова [10], считавшего, что русская рожь на Алтае и в Якутии с их суровыми зимами превратилась в яровую. По версии В. Антроповой [2], в Якутию, на Камчатку и в Охотский край ярица

попала из Красноярского края. Если североевропейская озимая рожь, перебравшись через Урал, постепенно превратилась в яровую, то это делает понятной схожую реакцию двух «северных» ЭГГ на соответствующие факторы внешней среды.

Рассматривая вопросы развития русского земледелия в Сибири в XVII веке, Е. Н. Синская [14] упоминает о существовании в Сибири таких своеобразных форм, как, например, алтайская яровая рожь, которые несут на себе отпечаток многовековой приспособленности к местным условиям. Существование издревле ярицы на Алтае отмечается и в монографии [7]. Н. И. Вавилов [5] полагал, что сибирская и дальневосточная полевая культуры ржи позаимствованы из Монголии, а в Монголию яровая рожь попала из горных районов Юго-Западной Азии. Он отметил [5, 6], что переднеазиатская озимая рожь в условиях поливной культуры Припамирья «превратилась в популяцию яровых форм с чрезвычайно крупной пыльцой, крупным зерном, колосом, сделавшись в полном смысле гигантом» [6, с. 400]. Возможно, в Сибирь яровая рожь и пришла, и формировалась разными путями, и не этим ли объясняется похожесть динамики ПСС у ЭГГ Восточной Сибири и Припамирья.

У яровой ржи, как и у озимой [1, 3], проявилось различие между двумя генцентрами по реакции образцов, объединенных в ЭГГ, на условия внешней среды. Но, в отличие от озимой, у яровой более толерантной оказалась сорнополевая рожь Кавказа. Предполагают, что вторичный генцентр ржи (Иран, Афганистан, Средняя Азия) возник путем миграции ржи из первого генцентра (Малая Азия, Закавказье) [8, 14]. Н. И. Вавилов неоднократно подчеркивал несходство двух генцентров по разнообразию признаков у ржи.

И, наконец, уровень ПСС яровой ржи из Южной Америки соответствовал средним показателям яровой ржи Старого Света, а «Новому Свету до Колумба были чужды все настоящие хлебные злаки» [4, с. 193]. По-видимому, различные ЭГГ яровой ржи связаны между собой определенным родством, и именно этим объясняется присутствие системы самонесовместимости по всему ареалу. Самофертильные образцы не обнаружены [6, с. 400].

Сведения о географическом распределении аллелей главных локусов самонесовместимости у ржи отсутствуют. Слишком мало данных о реакции многочисленных аллелей главных локусов СН на конкретные условия внешней среды. Однако практически всеми исследователями систем размножения у растений признается, что модификационная изменчивость СН хотя бы отчасти контролируется системой генов-модификаторов [15]. Полагаем, что в географически отдаленных регионах ареала яровой ржи могли сформироваться комплексы генов-модификаторов, различающиеся по реакции на факторы внешней среды, а выбранная нами классификация, возможно, в общих чертах совпала с их природным разнообразием.

В литературе имеется обширный экспериментальный материал относительно того разнообразия морфотипов проростков и/или растений, которые выщепляются в инбредных поколениях ржи и других злаковых культур [1, 3, 15, 16]. Особое внимание уделялось белым альбиносам. Показано (табл. 3), что частота альбиносов выше в потомстве растений с относительно более низким уровнем ПСС и что по мере углубления инбридинга частота альбиносов снижается [1, 3, 9]. Но в исследованиях [16] альбиносы отсутствовали в инбредном потомстве низко- и высокосамофертильных клонов сорта Вятка. Их присутствие было отмечено в потомстве клонов с ПСС в 1,69; 5,20 и 21,6%. В сортопопуляциях Вятка и Петкус выявили 4,2% альбинотических проростков.

Показано [14], что 82,3% растений сорнополевой ржи и 98,1% растений сорта Вятка были гетерозиготными по рецессивным аллелям одного гена или их ряда. Авторы цитируют Д. Крумпекэра, который в обзоре приводит данные для злаковых и бобовых культур о частоте растений (12–67%), гетерозиготных по генам хлорофильных аномалий. В разных сортовых популяциях кукурузы выявляли от 1 до 92% таких растений.

Первое и второе поколения инбридинга в том или ином объеме исследовали у 198 образцов из трех вариантов коллекции. Имелись образцы, у которых альбиносы проявились в одном, двух и порою в трех экспериментах, но чаще в первом поколении инбридинга. В

среднем альбиносы наблюдались нами у 40% образцов. По эколого-географическим группам показатели были следующими (%): Северо-Запад – 36,7; Юго-Запад – 42,3; Восточная Сибирь – 40,4; Кавказ – 44,1 и Припамирье – 34,5 от 30, 26, 57, 34 и 23 образцов соответственно. Интересно, что по этой характеристике ЭГГ Припамирья также отличалось от Кавказа.

Таблица 3. Частота белых альбиносов в инбредных поколениях яровой диплоидной ржи из коллекции ВИР

Пункт, год, условия произрастания	Поколение инбридинга	Уровень ПСС (число зерен в колосе) у исходных колосьев							
		1–3 зерна		4–14 зерен		≥ 15 зерен		всего	
		проростков, шт.	альбиносов, %	проростков, шт.	альбиносов, %	проростков, шт.	альбиносов, %	проростков, шт.	альбиносов, %
Новосибирск, 1978, теплица	1	453	3,8	453	4,4	181	9,4	1087	9,9
Усть-Каменогорск, 1980, поле	1	537	3,9	1514	2,0	678	2,6	2729	2,5
Новосибирск, 1981, поле	2	266	3,0	687	2,0	403	2,2	1356	2,3
Новосибирск, 1982, теплица	2	262	5,0	435	3,0	369	4,6	1066	4,0

В полевых условиях выявлялись преимущественно белые альбиносы. В двух пунктах и в двух поколениях инбридинга их частота была фактически равной. В поле и теплице в потомстве колосьев «1–3» в подавляющем большинстве случаев выщеплялось лишь по одному альбиносу. В потомстве колосьев «4–14» – один, редко два и в единичных случаях – три альбиноса (к-10457 из Аргентины). Большее число альбиносов наблюдали, как правило, в потомстве колосьев с относительно высокой ПСС. В 1978 г. в Новосибирске это образцы: к-7778 (44/8), 8462 (12/5), 7419 (19/3) 7040 (23/5); в 1980 г. в Усть-Каменогорске: к-8973 (28/3). 9431 (8/3), 7477 (20/3), 10007 (12/3), 10110 (22/4); в Новосибирске в 1981 г.: к-7558 (19/3), 9808 (24/5), 10457 (5/3) и в 1982 г. в Новосибирске: к-9892 (13/5); 7309 (39/6);7374 (17/5 и 26/4). В скобках первая цифра – число зерен, завязавшихся на изолированном колосе, вторая – число проявившихся альбиносов. Подобные семьи выявлены у разных ЭГГ. В 1978 году именно они обусловили относительно высокую долю альбиносов в потомстве колосьев «≥ 15».

В соответствии с более комфортными условиями в теплице частота альбиносов была все же выше, нежели в поле, и в теплице среди проростков присутствовали другие типы хлорофильных аномалий – хлорина, тигрина, стриата, ксанта. Среди растений – отсутствие антоциана или его следы, отсутствие воскового налета, опушение нижних междоузлий, а в одной семье (у образца к-986 из Украины) встретились растения с корнями, напоминающими корневище. Во втором поколении инбридинга наблюдали появление близнецовых проростков: в семьях из к-9616 (и + альбинос в этой же семье); к-9765 (Кавказ) и к-10101 (Припамирье); и реже, чем в первом поколении инбридинга, проростков с отсутствием точек роста (к-7636 – Восточная Сибирь).

В целом, у 49% образцов были выявлены фенотипические вариации, неоднократно описанные в соответствующей литературе. И это – без учета заметного разнообразия

растений по габитусу. Можно думать, что яровая рожь характеризуется достаточно высоким уровнем гетерозиготности по рецессивным аллелям разнообразных генов.

Неизменно возникает вопрос о правомочности изучения географической изменчивости ПСС на примере образцов, воспроизводимых в составе коллекции в одном географическом пункте. Если бы образцы коллекции яровой ржи претерпели существенную эрозию при их воспроизводстве в ВИРе, то все ЭГГ оказались бы на «одно лицо» с ЭГГ Северо-Запада, так как эта группа образцов была представлена преимущественно местными формами Ленинградской области. Если бы различия между ЭГГ были следствием случайных событий, вряд ли удалось бы обнаружить сходство по результатам самоопыления озимой ржи в экспериментах, разделенных более чем сорокалетним интервалом и подтверждаемых данными по яровой ржи. А если бы действовал такой фактор, как поток генов, то мы не обнаружили бы заметных различий между ЭГГ по уровню модификационной изменчивости СН, особенно при относительно высоком уровне ПСС. В целом, экспериментальные данные свидетельствуют о возможности использования яровой ржи в качестве модельного объекта при изучении различных аспектов системы размножения у посевной ржи. В Сибири яровая рожь как объект исследования удобна для круглогодичных экспериментов и исключает негативные последствия перезимовки.

Природно-климатические условия Новосибирска и Усть-Каменогорска оказали слабое модифицирующее воздействие на самонесовместимость диплоидной яровой ржи. А судя по результатам самоопыления озимой диплоидной ржи [12], проявление модификационной изменчивости СН подчиняется закону о гомологических рядах в наследственной изменчивости. Эти данные существенны для критической оценки и выбора схем гетерозисной селекции в Западно-Сибирском регионе. Здесь, очевидно, рентабельнее создание гибридных комбинаций на основе самоопыленных потомств, полученных в более благоприятных климатических районах.

Литература

1. *Антропов В. И.* Inzucht у географических форм ржи // Тр. Всесоюз. Съезда по генет., сел., семеноводству и племенному животноводству. Л., 1930. Т. 4. С. 19–26.
2. *Антропова В. Ф.* К истории культуры ржи // Тр. по прикл. бот., генет. и сел. 1975. Т. 55, Вып. 3. С. 19–26.
3. *Антроповы В. И. и В. Ф.* Рожь СССР и сопредельных стран // Прил. 36 к Тр. по прикл. бот., генет. и сел. Л., 1929. 366 с.
4. *Вавилов Н. И.* Мексика и Центральная Америка как основной центр происхождения культурных растений Нового Света // Происхождение и география культ. раст. Л.: Наука, 1987. С. 191–219.
5. *Вавилов Н. И.* Мировые растительные ресурсы и их использование в селекции // Происхождение и география культ. раст. Л.: Наука, 1987. С. 338–356.
6. *Вавилов Н. И.* Учение о происхождении культурных растений после Дарвина // Происхождение и география культ. раст. Л.: Наука, 1987. С. 382–401.
7. *Жуковский П. М.* Культурные растения и их сородичи. Л.: Колос, 1964. 790 с.
8. *Кобылянский В. Д.* Рожь // Генет. основы сел. М.: Колос, 1982. 270 с.
9. *Краснюк А. А.* Узкородственное разведение у ржи. М.: ТСХА, 1936. 52 с.
10. *Купцов А. И.* Факторы, контролирующие эволюцию культурных растений в историческом аспекте // Общая биол. 1978. Т. 39, № 4. С. 485–494.
11. *Молчан И. М., Андрияш В. П., Лаврушкина Г. С.* Полиморфизм по степени самонесовместимости и мутабильности при инбридинге у ржи и бобов // Изв. ТСХА. 1976. Вып 5. С. 51–57.
12. *Попова И. С., Шумный В. К.* Тетраплоидная рожь: динамика псевдосовместимости. Вестник ВОГиС, 2008. Т. 12, № 3. С. 378–384.
13. *Сидоров А. Н.* Изучение фертильности ржи при самоопылении // Известия СО АН СССР. Сер. биол. наук. 1971. Вып. 3. С. 66–75.
14. *Синская Е. Н.* Историческая география культурной флоры. Л.: Колос, 1969. 479 с.
15. *Смирнов В. Г., Соснихина С. П.* Генетика ржи. Л.: ЛГУ, 1984. 261 с.
16. *Суриков И. М.* Несовместимость и эмбриональная стерильность растений. М.: Агропромиздат, 1991. 222 с.

РАЗНООБРАЗИЕ ДИКИХ, РУДЕРАЛЬНЫХ И КУЛЬТУРНЫХ ФОРМ ХЛОПЧАТНИКА В УСЛОВИЯХ СРЕДНЕСРОЧНОГО ХРАНЕНИЯ EX SITU

Х. Сайдалиев, М. Халикова, Ф. Абдуллаев, З. Джаманкулова, Ч. Халикова
Узбекский научно-исследовательский институт селекции и семеноводства хлопчатника,
Ташкентская обл., Кибрайский район, гор. Салар, e-mail: malo_xoli@rambler.ru

Резюме

В Узбекском научно-исследовательском институте селекции и семеноводства хлопчатника собрана богатейшая мировая коллекция хлопчатника в количестве более 12 100 образцов, представлена сортами, дикими, рудеральными и культивируемыми формами, полученными из 107 стран мира.

Данная коллекция является уникальным генофондом, который считается не только ценнейшим объектом для научных исследований и практической селекции, но и, в известной мере, отражает историю мирового хлопководства.

VARIETY OF WILD, RUDERAL AND CULTURAL FORMS OF COTTON IN CONDITIONS OF INTERMEDIATE TERM PRESERVATION EX SITU

Kh. Saydaliyev, M. Khalikova, F. Abdullayev, Z. Dzhamankulova, Ch. Khalikova
Uzbek scientific research institute of cotton breeding and seed-production,
Tashkent Region, Kibray District, Salar, e-mail: malo_xoli@rambler.ru

Abstract

The Uzbek Scientific Research Institute of Cotton Breeding and Seed Production conserves a rich global collection of cotton which numbers 12 100 accessions and includes wild, ruderal and cultivated forms of cotton received from 107 countries of the world.

The collection is unique in terms of its genetic diversity; it is not only an important and valuable source for scientific studies and practical breeding, but also, to some extent, it reflects the global history of cotton growing.

Выведенные новые сорта хлопчатника отличаются улучшенными хозяйственно ценными признаками, что, в конечном счете, способствует успешному их возделыванию в различных почвенно-климатических зонах и увеличению урожайности, повышению качества волокна. В связи с этим необходим непрерывный поиск нового исходного материала для привлечения в селекционный процесс.

Достижения в области селекции и других теоретических исследований по хлопчатнику не только в нашей стране, но и в мире обусловливаются наличием генетических ресурсов. В Узбекском научно-исследовательском институте селекции и семеноводства хлопчатника собрана его богатейшая мировая коллекция в количестве более 12 100 образцов. Она представлена сортами, дикими, рудеральными и культивируемыми формами, из 107 стран мира (рис.). Количество образцов коллекции по видам находится в следующем соотношении:

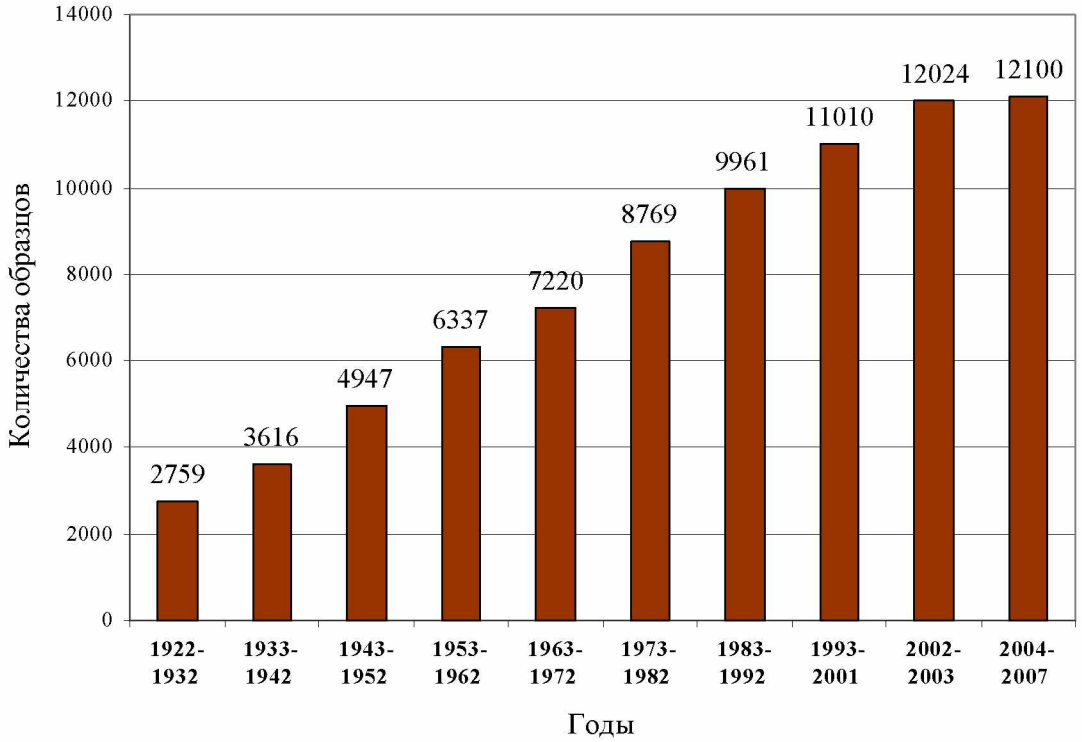
G. hirsutum L. –8387
G. barbadense L. –2048
G. arboreum L. –603
G. herbaceum L. –638
Дикие и полудикие –424

Основными источниками пополнения коллекции являются такие страны как США, Мексика, Индия, Китай, Узбекистан, Австралия, Туркменистан, Таджикистан, Египет, Бразилия, Израиль, Перу, Пакистан, Иран и др. (образцов):

Северная Америка–4035
Южная Америка–621
Азия–4753

Африка–1285
Европа–846
Австралия и Новая Зеландия–560

Динамика роста коллекции



Данная коллекция представляет уникальный генофонд, который считается не только ценнейшим объектом для научных исследований и практической селекции, но и, в известной мере, отражает историю мирового хлопководства.

Большая заслуга в создании мировой коллекции хлопчатника УзНИИССХ принадлежит таким ученым как Н. И. Вавилов, П. М. Жуковском, С. В. Юзепчук, С. М. Букасов, Н. В. Лемешев, А. А. Автономов, А. А. Абдуллаев и др. Ими (начиная с 20-х годов XX века) в результате многочисленных экспедиций в Южную и Центральную Америку, Африку, Малую и Центральную Азию, Афганистан, Китай, Иран, Индию, Австралию и др. хлопкосеющие страны мира были собраны образцы хлопчатника,

Некоторые представители дикого и полудикого хлопчатника, известные по описаниям, уже исчезли или находятся на грани полного исчезновения в различных регионах в своих естественных местообитаниях. Поэтому чрезвычайно ответственной задачей является сохранение и поддержание в надлежащей чистоте форм, имеющихся в коллекции хлопчатника. При этом необходимо продолжить усилия по привлечению новых образцов из-за рубежа путем организации специальных экспедиций, обмена и выписки семян из генбанков других стран.

Род *Gossypium* L. содержит большое количество видов, которых, по последним данным, насчитывается 50 [1, 3, 5]. Из видов и форм хлопчатника в результате естественных и искусственных отборов в течение тысячелетий до нас дошли лишь устойчивые к различным экстремальным условиям образцы. Среди них имеются устойчивые к различным болезням и вредителям, засухо-, солее- и жароустойчивые, морозостойкие, малогоссипольные. Также имеются скороспелые образцы с опадающим прицветником, с крепким и качественным волокном.

В пределах каждого вида рода *Gossypium* L. насчитывается несколько сотен и даже тысяч

культурных сортообразцов и форм. Современное хлопководство основано на однолетней культуре скороспелых травянистых форм, не только распространившихся в субтропических странах, но и вытеснивших своих древовидных предков из тропиков. Только в некоторых тропических странах (Бразилия, Перу, Южная Индия и др.) используется многолетняя культура древовидных и кустарничковых форм [5].

Несмотря на интенсивное исследование рода, биология большинства образцов мировой коллекции хлопчатника слабо изучена, а современный рост спроса на выводимые сорта вызывает необходимость изыскания новых доноров для привлечения в селекционно-генетические исследования. Создание новых синтетических доноров и рекомендация исходного материала для практической селекции представляют актуальное направление наших исследований.

Под нашим систематическим наблюдением находится ежегодно пополняемая коллекция, составляется морфологическое описание, проводятся фенологические наблюдения, проходит учет большого количества важнейших биологических и хозяйственно ценных признаков, происходит учет урожая, проводятся лабораторные анализы технологических свойств волокна и особенностей семян.

В течение многих лет мы исследовали возможность более широкого использования мировой коллекции хлопчатника УзНИИССХ. Ведется работа по выявлению и созданию доноров для использования их как исходного материала в практической селекции, а также по изысканию возможности использования диких и рудеральных форм. Был изучен генетический потенциал полиплоидных видов *G. hirsutum* L. и *G. tomentosum* Nutt. ex Seem. по биологическим особенностям, морфологическим и хозяйственно ценным признакам, закономерностям формообразовательного процесса у внутривидовых и межвидовых беккросс гибридов [3, 4].

В задачи наших многолетних исследований входило: изучение мировой коллекции АД геномных видов хлопчатника и выявление образцов по морфобиологическим и основным хозяйственно ценным признакам; проведение внутривидовой географически отдаленной и межвидовой гибридизации между дикими, рудеральными формами и сортами вида *G. hirsutum*; проведение анализа наследования энергии прорастания и всхожести семян родительских форм и их гибридов; изучение скрещиваемости, завязываемости коробочек и семян у родительских форм и гибридов; выделение ценных генотипов из созданных внутривидовых и межвидовых гибридов с участием дикого полиплоида *G. tomentosum;* изучение формообразовательного процесса у внутривидовых и межвидовых гибридов хлопчатника.

Изучены внутривидовые разновидности имеющих в коллекции диких, рудеральных, культурно-тропических и субтропических форм из центров происхождения вида *G. Hirsutum,* определены их морфобиологические особенности и хозяйственно ценные признаки.

Впервые у полученных в результате межвидовой гибридизации малоизученного дикого полиплоидного вида *G. tomentosum* и культивируемого вида *G. hirsutum* гибридов изучен характер наследования хозяйственно ценных признаков и их морфологические особенности. Даны предложения по использованию гибридов в качестве исходного материала для селекционно-генетических исследований, и обоснована целесообразность использования дикого полиплоидного вида *G. tomentosum* для улучшения показателей качества волокна и устойчивости к сосущим вредителям сортов средневолокнистого хлопчатника [3, 4].

Изучены также особенности наследования морфологических и основных хозяйственно ценных признаков, таких как скороспелость, крупность одной коробочки, выход и длина волокна у внутривидовых гибридов *G. hirsutum* и у межвидовых гибридов с участием дикого полиплоида *G. tomentosum*; характер наследования технологических свойств волокна и масличности семян у гибридов; вилтоустойчивость коллекционных образцов. При этом используется наследование вилтоустойчивости у внутривидовых и межвидовых гибридов в зависимости от центров происхождения. Выявлена определенная стабильность некоторых признаков в зависимости от произрастания образцов в условиях различной

продолжительности светового дня, что имеет важное значение для правильной ориентации селекционного процесса. Выявлены новые вилтоустойчивые образцы из мировой коллекции хлопчатника. Установленная нами закономерность повышения устойчивости хлопчатника к вилту при скрещивании двух вилтоустойчивых разновидностей с разной генетической основой указывает на возможность синтезирования новых доноров устойчивости к вилту. Обнаружена закономерность улучшения технологических свойств волокна при отдаленной, внутривидовой и межвидовой гибридизации.

Созданные нами гибридные материалы и выделенные из коллекции образцы, представляющие интерес по вилтоустойчивости, скороспелости и др. хозяйственно ценным признакам, переданы селекционерам УзНИИССХ и научным учреждениям СНГ для использования в практической селекционной работе. В результате использования этих образцов создан ряд сортов, районированных и районирующихся в хлопкосеющих зонах Республики Узбекистан. К таковым относятся сорта С-6524, С-6430, С-6532, Наманган 77, Наманган 88, С-9080, С-9081, С-9082, С-5619, С-5621, Л-001, С-9070, С-9076, Оккурган-1, Оккурган-2.

На основе рекомендованных форм, как, например, *mexicanum* (к-02758, 02256, 02751), *punctatum* (к-02672, 02684, 05152, 06592), *purpurascens* (к-02800), а также источники – Acala 4-41, Acala M1, Acala sj-1, Acala sj-2, Selection Compositаl и др. создан ряд сортов и линий. Выделены источники вилтоустойчивости Acala sj-5, Deltapine 80, Acala 1517-70. Изучена вилтоустойчивость диких форм рода *Gossypium,* и выявлена их дифференциация по расам. Рекомендованы источники устойчивости к расе 1 – *G. harknessii. G. thurberi*, к расе 2 – *G. hirsutum subsp.yucatanense, G. thurberi, G. aridum, G. hirsutum subsp.punctatum.* Изучается характер внутривидовых взаимоотношений вида *G. hirsutum* L. в пределах его разновидностей на основе гибридизации их между собой и с промышленными сортами. Наилучшие результаты получены от скрещивания зарубежных сортов Acala 1517-70, Paymaster 266, Deltapine 16, Delcott 277 с разновидностями *yucatanense, punctatum, richmondii, morillii.* На их базе создаются доноры и сорта с новыми хозяйственно ценными признаками.

Литература

1. *Абдуллаев А. А., Ризаева С. М., Клят В. П., Эрназарова З. А.* Создание гетерогенной популяции хлопчатника с использованием экзотических видов // Углубление интеграции образования науки и производства в сельск. хоз. Узбекистана. Ташкент, 2003. С. 262–264.
2. *Омельченко М. В., Абдуллаева А. А., Насырова Д. Н., Лиходзиевская А. А., Жалилова Т. Б.* Каталог образцов хлопчатника Института Экспериментальной биологии растений. Ташкент: Фан, 1979. 311 с.
3. *Сайдалиев Х.* Мировая коллекция Узбекского научно-исследовательского института селекции и семеноводства хлопчатника // Узб. биол. жур. Ташкент, 2006. № 4. С. 79–82.
4. *Халикова М. Б. G. tomentosum* иштирокидаги турлараро беккросс дурагайларнинг сўрувчи зараркунандаларга бардошлилиги: Автореф. дис. ... канд. с-х. наук. Ташкент, 2004. 20 с.
5. *Fryxell P. A.* A revised taxonomic interpretation of *Gossypium* L. (*Malvaceae*) // Rheedea. 1992. V. 2 (2). P. 108–165.

МОНИТОРИНГ И ВОПРОСЫ ОХРАНЫ ГЕНОФОНДА ДИКОГО ГРАНАТА (*PUNICA GRANATUM* L.) В АРМЕНИИ

Н. П. Степанян

Институт Ботаники НАН РА, Ереван, Армения, e-mail: ninastep@rambler.ru

Резюме

Punica granatum L. является реликтовым растением, одним из двух видов рода *Punica* L.,

семейства *Punicaceae* Horan. Культурный *P. granatum* возделывается в очень многих умеренных, субтропических и тропических областях земного шара, ареал же дикорастущего граната относительно небольшой и занимает восточную часть Древнего Средиземноморья. На территории Армении его произрастание крайне ограниченно, однако многие данные указывают на более широкое произрастание граната в прошлом. В статье приводятся основные причины сокращения ареала граната в Армении, среди которых, помимо абиотических, биотических и антропогенных факторов, носящих общий характер и действующих в целом на дикую и культурную флору, существенным является культурно-исторический аспект. Предлагаются меры по защите этого ценнейшего растения.

MONITORING AND PROTECTION OF THE WILD POMEGRANATE (*PUNICA GRANATUM* L.) IN ARMENIA

N. P. Stepanyan
Institute of Botany NAS RA, e-mail: ninastep@rambler.ru

Abstract

Punica granatum L. is a relic plant, one of the two species of genus *Punica* L., family *Punicaceae* Horan. Although cultivated pomegranate *P. granatum* is widespread in many temperate, subtropical and tropical regions of the earth, areal of wild pomegranate is relatively small and occupies the eastern part of Old Mediterranean. On the territory of Armenia vegetation of the pomegranate is extremely restricted. However, a lot of data indicates that it was more widespread in the past. In the article causes of the reduction of an areal of the wild pomegranate are given. Among the other abiotic, biotic and anthropogenic factors, which have general nature and impact on the whole wild and cultivated flora, the cultural-historic causes are of special interest. Measures for protection of the areal of this valuable plant are proposed.

Введение

Punica granatum L. – реликтовый вид, однин из двух видов рода *Punica* L., семейства *Punicaceae* Horan. (рис. 1). Именно *P. granatum*, а не второй вид граната *P. protopunica* Balf. – эндемик о-ва Сокотра в Индийском океане, как иногда полагают [10], является диким предком и родоначальником культурного граната.



Рис. 1. Плоды дикого *Punica granatum* L. из Шикахохского заповедника (Кафанский район)

Если культурный гранат возделывается в очень многих умеренных, субтропических и тропических областях земного шара, то ареал дикорастущего *P. granatum* относительно небольшой и занимает восточную часть Древнего Средиземноморья, охватывая Анатолию, Закавказье, Дагестан, Прикаспийские области Ирана, Курдистан, Туркменистан,

Таджикистан, северный Афганистан и Пакистан до Гималаев (рис. 2). В Армении дикий гранат произрастает на северо-востоке в Иджеванском и Ноемберянском районах, на юго-востоке в Горисском, Кафанском и Мегринском районах, отдельные растения встречаются в ряде селений Араратской долины, в окрестностях Еревана. Обычно *P. granatum* встречается в предгорной зоне на высоте 500–1000 м, известен случай произрастания граната в Армении на высоте 1350 над ур. м. Произрастание граната в Армении приурочено к шибляку, каменистым склонам, лиственным редколесьям.

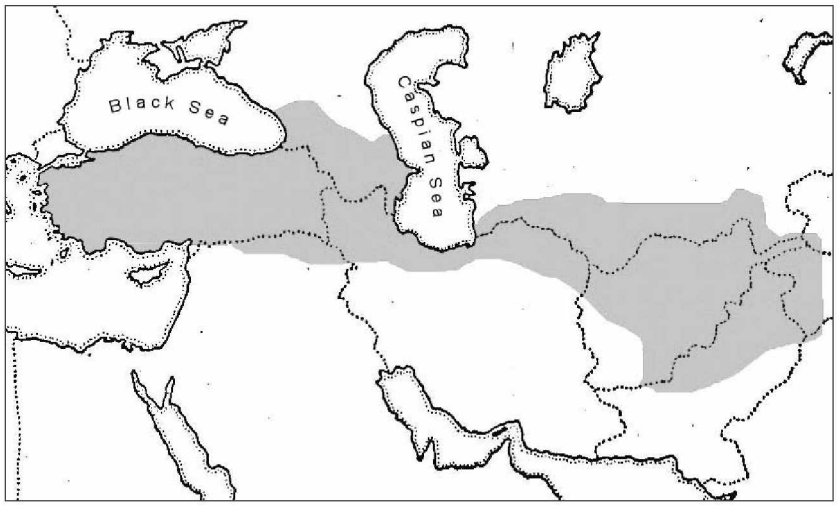


Рис. 2. Ареал произрастания дикого *Punica granatum* L.

Многие данные указывают на то, что ареал граната в Армении в прошлом был значительно шире. Тот факт, что на территории Армении на протяжении длительного времени происходило и продолжает происходить существенное сужение ареала и выпадение популяций граната, делает особо острым вопрос о необходимости его изучения и охраны.

Материалы и методы

Материал был собран в природе в ходе экспедиции в северо-восточные и южные районы республики, исследовали также гербарии ERE, G, G-BU, G-Bois, G-DC и V. Кроме того, в ходе полевых исследований, сбора и обработки литературных данных получено множество археo- и этноботанических данных по гранату.

Полученный материал изучали дифференциальным ботанико-географическим методом, разработанным Н. И. Вавиловым [3]. Он подразумевает возможно более полное исследование объекта с привлечением как сугубо ботанических данных (морфологические, анатомические, кариологические, палинологические, фенологические и др.), так и использование косвенных данных (исторические, археологические, литературно-лингвистические и пр.).

Результаты исследований

Проведенные исследования позволили выявить ряд причин сокращения ареала граната на территории Армении. Прежде всего следует указать абиотические факторы, связанные с общими климатическими изменениями. Так, например, И. Г. Габриеляном листья гранта были обнаружены в озерно-диатомовых отложениях, относящихся к верхнему плиоцену–нижнему плейстоцену, в Сисиане, где *P. granatum* в настоящее время не произрастает (рис. 3). Известно, что по сравнению с указанным периодом в данном районе произошло понижение средних годовых температур примерно на 4°С [9]. Это, несомненно, должно было послужить ограничивающим фактором для граната, плохо переносящего зимние заморозки.

Также определенную роль играют и биотические факторы. Г. М. Левин [5], например, указывает на конкурентные отношения с *Paliurus spina cristi* Mill., который, будучи более

неприхотливым, вытесняет гранат; происходит поедание молодой поросли копытными животными и т. д.

Очень существенную роль в сокращении ареала граната играет антропогенный фактор, как, например, вырубка древесных и кустарниковых пород, и в их числе граната, с целью использования древесины, расчистки пахотных площадей и пр., имевшая место в далеком прошлом и продолжающаяся и теперь. В настоящее время сокращению ареала способствует также интенсивная хозяйственная деятельность. Так, полностью исчезла довольно большая популяция граната в сообществе с инжиром в Горисском районе во время строительства Татэвской ГЭС [4]. Негативно сказывается и осуществляемая в последние десятилетия приватизация земель.

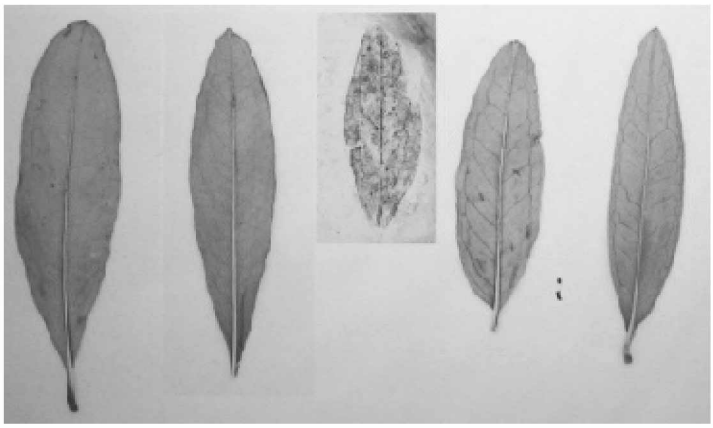


Рис. 3. Листья современного и ископаемого граната (в центре). 1,5 млн лет до н. э. (по И. Габриеляну)

Помимо упомянутых выше факторов, имеющих общий характер антропогенного пресса и действующих также на другие растения, в случае *P. granatum* очень важным оказался культурный аспект. Анализ большого количества археo- и этноботанических данных позволил прийти к выводу об имевшей место на протяжении нескольких веков массовой и направленной вырубке культурного и дикорастущего граната [7, 8]. Ниже приведем лишь некоторые обоснования данного утверждения.



Рис. 4. Обугленный цветок граната из раскопок Кармир-Блур, VII в. до н. э. (по Б. Пиотровскому, 1970)

Существует множество археоботанических материалов по гранату очень раннего периода (начиная с VIII в. до н. э.) − эпохи Урарту (рис. 4); много изображений граната ахеменидского эллинистического периода (т. е. до III в. н. э.); очень распространен этот мотив и в разных областях средневекового искусства, начиная со второй половины VII в. и по настоящий день (рис. 5, 6).



Рис. 5. Изображение граната на развалинах храма Звартноц, вторая пол. VII в.

Однако в Армении совершенно не известно изображений граната на культурных памятниках в первые века христианства. То есть в начале IV − середине VII вв. гранат выпадает из числа изображаемых растительных мотивов, в то же самое время в эти века чрезвычайно много изображений винограда. Такое положение вещей, по-видимому, было обусловлено тем, что на территории Армянского нагорья гранат в древности был связан с почитанием языческой богини Анаит и при принятии христианства как символ древней богини, подвергся уничтожению, а его место в религиозном культе занял виноград. Полагаем, что принятие новой веры могло явиться причиной уничтожения не только изображений граната как символа языческой веры, но и вырубки самого растения, уничтожения диких зарослей и культурных насаждений граната.



Рис. 6. Изображение граната в рукописном Евангелии, первая пол. XII в.

Обсуждение результатов

Меры для предупреждения генетической эрозии, сокращения ареала граната, предотвращения выпадения отдельных популяций представляются совершенно необходимыми в силу большой ценности дикого *P. granatum*. Дикорастущий гранат является ценнейшим пищевым, лекарственным, декоративным растением, а также техническим сырьем, что, однако, в настоящее время в Армении используется далеко не в полной мере. Поскольку гранат крайне неприхотлив в отношении почвенных условий, водного режима, очень перспективно использование его в фитомелиорации: в качестве противоэрозийных посадок на склонах, защитных полос и живых изгородей, а также для озеленения склонов, что очень актуально для малоземельной Армении. Гранат является важным компонентом экосистем, а именно, ксерофильных лиственных редколесий − очень своеобразного и древнего элемента растительного покрова, сформировавшегося еще в третичное время.

Как и все дикие родичи культиваров, дикий гранат является ценным генетическим ресурсом − он обладает такими хозяйственно важными признаками, как резистентность к вредителям и болезням, большей, чем у культивара, морозоустойчивостью и засухоустойчивость и пр. Все это делает дикорастущий гранат возможным донором ценных генов для селекции. Вообще на Армянском нагорье произрастает много диких родичей культурных растений. По этой причине Н. И. Вавилов рассматривал Армянское нагорье как один из важнейших очагов в Переднеазиатском центре происхождения культурных растений [1, 2]. Однако, если относительно изучения диких родичей злаков, зернобобовых и некоторых других групп очень многое уже сделано, то относительно генетических ресурсов плодовых, в частности граната, многое еще предстоит сделать.



Рис. 7. Заросли дикого граната на скалистых склонах (Мегринский р-н)

Заключение

Для защиты популяций дикого граната необходимы следующие меры:

1.тщательное изучение дикого граната на популяционном уровне, проведение регулярного мониторинга;

2.депонирование семян в генетичеких банках, криоконсервация;

3.создание коллекций ex situ в питомниках и ботанических садах, введение в озеленение;

4.сохранение in situ, т. е. непосредственно в природных фитоценозах, ландшафтах (рис. 7). Последнее может быть осуществлено, во-первых, путем охраны популяций граната в заповедниках и заказниках. Так, относительно хорошо защищена популяция *P. granatum*, произрастающая в Шикахохском заповеднике. Было высказано соображение о целесообразности организации заказника фисташково-гранатового редколесья и других интересных видов между Горисом и Кафаном, где гранат произрастает на значительной для этого вида высоте [4]. Однако данная рекомендация, приведенная в «Красной книге», изданной еще 20 лет назад, до сих пор не осуществлена, и, таким образом, реально не всегда оказывается возможным сохранение естественных популяций.

По этой причине, необходимо способствовать сохранению граната также вне территорий, имеющих статус "особо охраняемых". В этом вопросе, кроме позитивной роли общего экологического образования и воспитания, очень важны широкое оповещение населения относительно ценности, конкретно, дикого гранатника, разработка программ для его сохранения. Мы совершенно уверены, что события исторического прошлого – а именно, происходившее на протяжении нескольких веков уничтожение граната по религиозным причинам, не могли не наложить отпечатка на психологию людей, чем, по-видимому, и обусловлено предвзятое отношение к возделыванию граната и к использованию дикого граната. Именно поэтому очень важно осознание, помимо прочего, также исторических причин сокращения арела граната.

Литература

1. *Вавилов Н. И.* Дикие родичи плодовых деревьев азиатской части СССР и Кавказа и проблема происхождения плодовых деревьев (Доклад IX Международному Конгрессу по садоводству в Лондоне) // Тр. по прикл. бот., ген. и сел. Л., 1931. Т. XXVI. С. 85–107.
2. *Вавилов Н. И.* Растительные ресурсы земного шара и овладение ими. 1935 // Происхождение и география культурных растений. Ленинград. 1987. С. 283–289.
3. *Вавилов Н. И.* Ботанико-географические основы селекции. 1935 // Происхождение и география культ. раст. Л., 1987. С. 289–334.
4. *Габриелян Э. Ц. Punicaceae* // Красная книга Армении. Ереван, 1988. 206 с.
5. *Левин Г. М.* Punica granatum (Punicaceae): биология, экология и география вида // Бот. журн. СПб., 2007. Т. 92, № 2. С. 185–211.
6. *Пиотровский Б. Б.* Кармир Блур // Л., 1970. 167 с.
7. *Степанян Н. П. Punica granatum* L. *(Punicaceae)* на Армянском нагорье (археоботанические данные, VIII в. до н. э. – III в. н. э.) // Флора, растительность и раст. ресурсы Армении. Ереван, 2007. № 16. С. 123–127.
8. *Степанян Н. П.* Мотив граната в раннесредневековом изобразительном искусстве Армении // Ист.-филолог. вестник. Ереван, 2008. № 3. С. 210–229.
9. *Bruch A., Gabrielyan G.* Quantitive data of the neogene climatic development in Armenia and Nakhichevan // Acta Univ. Carolinae. Geologica. 2002. V. 46 (4). P. 41–48.
10. *Lucas. G.* Endangered species − endangered genetic resources // Forestry Occasional Paper. 1979. V. 1, № 9. FAO.

ИССЛЕДОВАНИЕ ГЕНЕТИЧЕСКОГО РАЗНООБРАЗИЯ ВИДОВ *MALUS* С ПОМОЩЬЮ SSR-АНАЛИЗА

О. Ю. Урбанович[1], З. А. Козловская[2], А. А. Хацкевич[1], Н. А. Картель[1]

[1]ГНУ Институт генетики и цитологии НАН Беларуси, Минск, Беларусь, e-mail: O.Urbanovich@igc.bas-net.by

[2]РУП Институт плодоводства, пос. Самохваловичи, e-mail: zoya-kozlovskaya@tut.by

Резюме

С помощью SSR-маркеров, разработанных для *Malus ×domestica* Borkh проведено исследование

генетического разнообразия видов *Malus*. Выявлено 306 полиморфных аллелей среди 20 SSR-локусов со средней частотой 15,6 аллеля на маркер. Определены генетические различия 40 сортов и видов яблони по составу SSR-аллелей. Отмечена низкая достоверность распределения видов по кластерам на основе анализа аллелей 20 SSR-локусов.

STUDYING GENETIC DIVERSITY OF *MALUS* SPECIES USING SSR-MARKERS

O. Yu. Urbanovich[1], Z. A. Kazlouskaya[2], A. A. Khatskevich[1], N. A. Kartel[1]
[1]Institute of Genetic and Cytology NASB, Minsk, Belarus, e-mail: O.Urbanovich@igc.bas-net.by
[2]Institute of Fruit Growing, Minsk region, Belarus, e-mail:zoya-kozlovskaya@tut.by

Abstract

Genetic diversity of *Malus* species was investigated with SSR-markers developed for *Malus* ×*domestica* Borkh. In total, 306 polymorphic alleles were detected by the 20 SSR markers with an average number of 15,6 alleles per marker. Totally 40 genotypes of apple-tree cultivars and species were identified by means of these markers. Low significance of species distribution in clusters was noted based on allele analysis of 20 SSR-loci.

Введение

Важнейшая плодовая культура в странах с умеренным климатом яблоня домашняя (*Malus* ×*domestica* Borkh.) относится к роду *Malus*, который включает более 25 видов и гибридов. Для представителей рода характерно базовое число хромосом 17 (2n = 34). Сходная организация их генома позволяет получать межвидовые гибриды яблони, в которых дикие виды выступают в основном в качестве источников устойчивости к факторам окружающей среды и болезням. Важной задачей является сохранение генетического разнообразия видов яблони. Для ее решения необходимо располагать надежными методами идентификации, которые позволят выявить уникальные генотипы и определить идентичные в генетическом отношении образцы.

Идентификация генофонда плодовых культур до настоящего времени проводится в основном по морфологическим признакам. Они, как правило, проявляются на поздних стадиях онтогенеза. Вместе с тем современные методы позволяют проводить идентификацию плодовых культур с дают возможность молекулярных маркеров, начиная с первого года жизни. Молекулярные маркеры позволяют обнаружить различия между генотипами на уровне ДНК, не требуя фенотипического проявления признака. При этом для идентификации генотипов с помощью молекулярных маркеров можно использовать любые ткани растения, например часть листа.

Для идентификации сортов и видов яблони наиболее перспективным представляется метод SSR-анализа. Используемые в этом виде анализа маркеры многочисленны, высокополиморфны, кодоминантны и позволяют автоматизировать отдельные этапы исследований. Для яблони создано несколько сотен SSR-маркеров, охватывающих все 17 хромосом этого вида [6, 7, 9]. SSR-маркеры яблони различаются по уровню полиморфизма, информативности и структуре. Их разнообразие позволяет выбрать наиболее эффективные для решения конкретных задач [1, 11, 12].

Представленное исследование проведено с целью анализа генетического разнообразия видов яблони из коллекции сада РУП «Институт плодоводства» и оптимизации набора SSR-маркеров для их идентификации. В исследовании использовали SSR-маркеры, разработанные для *M.* ×*domestica* [4, 9].

Материалы и методы

Исследования проводились на коллекции сортов и видов яблони из сада РУП «Институт плодоводства». В общей сложности в работе было использовано 40 образцов.

Препараты ДНК выделяли из листового материала отдельного растения с помощью Genomic DNA Purification Kit фирмы Fermentas. Выделение проводили согласно

рекомендованному протоколу. Пробы растворяли в 100 мкл бидистиллированной воды и хранили при -20°С. Для проведения ПЦР образцы разводили до концентрации 20 мкг/мкл.

Реакцию амплификации проводили с помощью SSR-маркеров [4, 9]. Реакционная смесь для проведения ПЦР объемом 20 мкл имела следующий состав: 67 мМ Трис-HCl pH 8,8, 16 мМ $(NH_4)_2SO_4$, 1,5 мМ $MgCl_2$, 0,2 мМ dNTP, 250 нМ прямого и обратного праймеров, 50 мкг ДНК, 1 ед. Taq-полимеразы. Условия реакции: 94°С – 3 мин; 40 циклов 94°С – 40 с, 60°С – 1 мин, 72°С – 1 мин; 1 цикл: 72°С – 10 мин. Для проведения реакции использовали амплификатор MyCycler (BIO-RAD).

Продукты амплификации разделяли методом электрофореза в секвенирующем акриламидном геле. Для проведения электрофореза использовали ДНК-секвенатор ALFexpress II (Amersham Biosciences). Разделение продуктов амплификации осуществляли в 6% акриламидном геле толщиной 0,3 мм. Электрофорез проводили в 1 х ТВЕ-буфере (0,089 М Трис, 0,089 М борная кислота, 0,002 М EDTA pH 8.0) при следующих условиях: 400–600 В, 40 мА, 50 Вт, 55°С, интервал детекции 0,5 сек, время проведения 1–2 ч. Результаты электрофоретического разделения документировались автоматически с помощью программного обеспечения секвенатора.

Для оценки уровня полиморфизма каждого маркера использовали значение коэффициента полиморфизма – PIC (polymorphic information content). Значение коэффициента вычисляли по формуле:

$$PIC = 1 - \sum(P_i)^2,$$

где P_i – частота встречаемости i-ого аллеля [3].

Уровень гетерозиготности H_O был рассчитан как отношение гетерозиготных генотипов к общему количеству генотипов.

Дендрограмму генетического сходства сортов получили с помощь программы Treecon, основываясь на коэффициенте генетического сходства Nei и Li [10].

Результаты и обсуждение

В исследование были включены дикие виды яблони, сорта и образцы, полученные с привлечением диких видов, а также сорта Антоновка обыкновенная, Белый налив, Папировка, Discovery.

Для SSR-анализа выбрали 20 маркеров, охватывающих разные хромосомы генома яблони (табл. 1). Расчет длины аллелей SSR-локусов проводился относительно сорта Discovery, рекомендованного как один из стандартов в молекулярных исследованиях генома яблони [9, 12]. Длина аллелей сорта Discovery, рассчитанная с помощью 50–500 п.н. маркера, представлена в табл. 1.

Результаты амплификации демонстрируют, что все взятые для данного исследования SSR-маркеры имеют сайты связывания в геноме диких видов яблони и, следовательно, могут быть использованы для их идентификации. Количество аллелей, выявляемых с помощью указанных маркеров, составляло от 7 для маркера CH02c02b до 30 для маркера CH04h02, который выявляет до 4 аллелей и, соответственно, имеет не менее двух сайтов связывания в геноме яблони. В общей сложности с использованием 20 SSR-маркеров выявлено 306 аллелей. Средняя частота встречаемости аллелей составляет 15,3. Такой высокий уровень

Таблица 1. Расчетный размер аллелей SSR-локусов контрольного сорта Discovery

№ п/п	Праймер	Размер аллелей в п.н.	№ п/п	Праймер	Размер аллелей в п.н.
1	CH01b12	124, 126, 150	11	CH03g12	152, 156, 180, 194
2	CH01d08	244, 294	12	CH04c07	109, 111
3	CH01d09	138, 148	13	CH04g07	147, 159
4	CH01c06	158, 170	14	CH04h02	178, 184, 198, 218
5	CH02b12	126, 138	15	CH05a03	189, 191
6	CH02c02a	181,	16	CH05c06	104, 112

№ п/п	Праймер	Размер аллелей в п.н.	№ п/п	Праймер	Размер аллелей в п.н.
7	CH02c02b	76, 125	17	CH05d08	121, 123
8	CH02c11	223, 227	18	CH05e03	186, 194
9	CH03d12	135, 145	19	CH05g08	177, 183
10	CH03g07	123, 181	20	SdSSR	179

полиморфизма определяется тем, что многие аллели встречаются только один раз среди анализируемых генотипов. Так, например, в локусе CH03d12 из 15 детектируемых аллелей 7 размером 97, 103, 107, 113, 119, 137 и 151 п.н. можно отнести к редким. Они обнаружены только у одного из анализируемых образцов, в то время как аллель длиной 121 п.н. представлена в геноме 10 образцов.

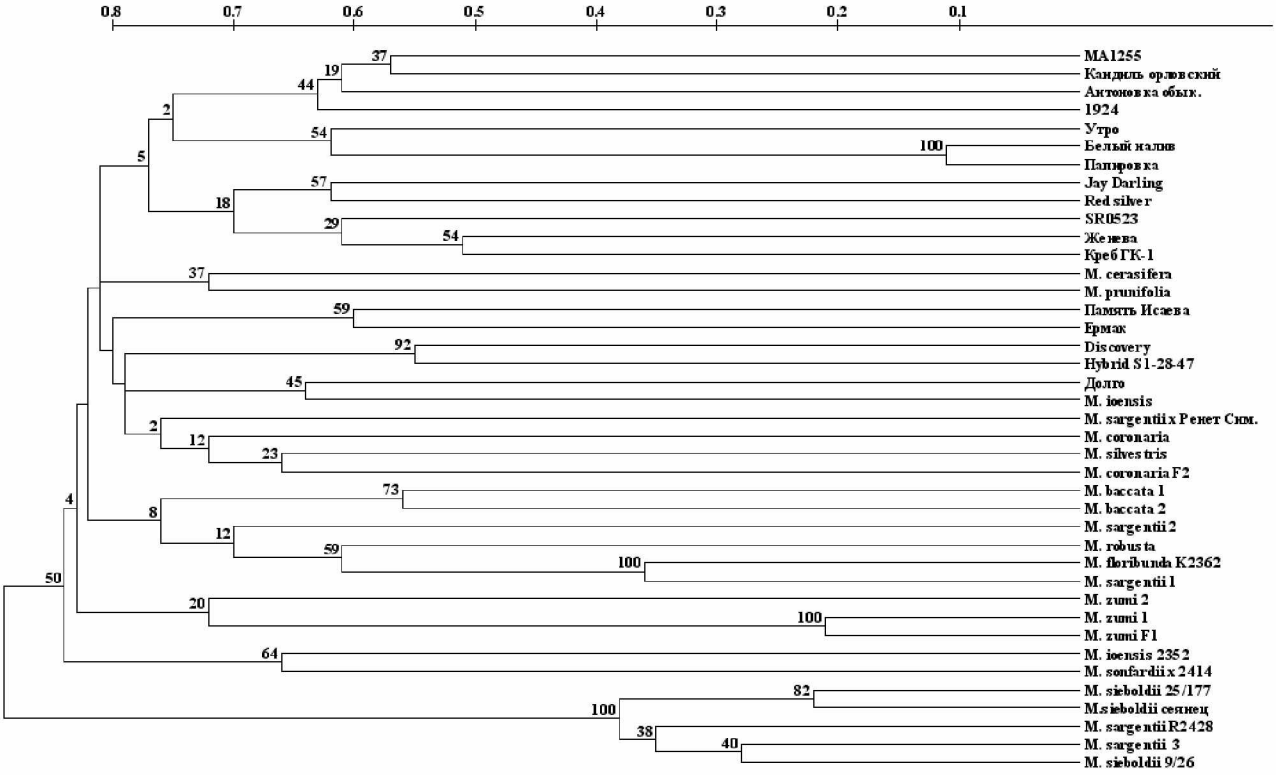
Таблица 2. Название праймеров и распределение аллелей SSR-локусов среди сортов и видов яблонь

Праймер	Хромосома	Количество аллелей	Размер аллелей в п.н.	PIC	H_0
CH01b12	4/12/13	11	120–158	0.67	0.38
CH01d08	15	17	242–302	0.90	0.45
CH01d09	12	15	124–172	0.89	0.38
CH01c06	8	11	150–186	0.85	0.28
CH02b12	5	11	112–142	0.88	0.63
CH02c02a	2	21	111–250	0.93	0.20
CH02c02b	4	7	76–125	0.73	0.13
CH02c11	10	20	199–241	0.90	0.75
CH03d12	6	15	97–151	0.88	0.05
CH03g07	3	11	119–181	0.85	0.78
CH03g12	1/3	21	150–198	0.94	0.67
CH04c07	14	12	97–139	0.84	0.70
CH04g07	11	15	147–189	0.90	0.45
CH04h02	11	30	150–272	0.94	0.48
CH05a03	9	14	185–223	0.87	0.45
CH05c06	16	14	86–136	0.90	0.60
CH05d08	9/17	13	115–147	0.82	0.60
CH05e03	2	14	132–194	0.88	0.35
CH05g08	1	17	147–201	0.86	0.60
SdSSR	7	17	159–211	0.90	0.53

Значение коэффициента полиморфизма, рассчитанное для каждого локуса, колеблется в пределах от 0,73 для локуса CH02c02b до 0,94 для локусов CH03g12 и CH04h02. Среднее значение PIC для 20 SSR-локусов равно 0,87. Высокие значения PIC обусловлены значительным количеством редко встречаемых аллелей и отсутствием аллелей, преимущественно распространенных среди большинства анализируемых образцов.

Среднее значение гетерозиготности (H_0) составило 0,47. Наименьшее значение уровня гетерозиготности отмечено для праймера CH02c02b. У 87% образцов в данном локусе представлен 1 аллель. Максимальный уровень гетерозиготности определен для локуса CH02c11 – 0,75.

Полученные результаты распределения аллелей говорят о том, что внутри рода *Malus* наблюдается высокий уровень полиморфизма в SSR-локусах. Высокий уровень полиморфизма микросателлитных последовательностей генома яблони отмечен также при исследовании коллекций сортов различного происхождения [1, 5, 11]. Таким образом, SSR-маркеры обладают значительным потенциалом для идентификации как сортов, так и видов яблони.



Дендрограмма генетического сходства видов и сортов яблони, построенная на основе результатов анализа 20 SSR-локусов. Цифрами обозначены значения бутстрэпа. Шкала сверху отражает генетические расстояния

На основе полученных результатов была построена дендрограмма филогенетического сходства (рис.). Как видно из дендрограммы, все анализируемые образцы отличаются по составу аллелей в 20 SSR-локусах. Наибольшее генетическое сходство наблюдается между близкими по морфологическим признакам сортами Белый налив и Папировка. В тот же кластер входят сорт Антоновка и крупноплодные образцы яблони, полученные с привлечением диких видов – сеянца 1924 [(F_2 *M. floribunda* х Уэлси) × (F_2 *M. floribunda* × Джонатан)], полученного от посева семян сеянца 1924 сорта Кандиль орловский, межвидового гибрида MA1255, происхождение которого неизвестно.

Ближайший кластер образуют сорта неизвестного происхождения Red silver и Jay Darling, а также SR0523, происхождение которого связано с *M.* × *atrosanguinea* 804, креб ГК-1 (var. *M. nedzvetzkyana*) и Женева (F_1 *M. nedzvetzkyana*). В то же время полученные на основе *M. baccata* мелкоплодные сорта Долго, Ермак, Память Исаева по составу аллелей ближе к диким видам. Виды яблони находятся на большом генетическом расстоянии друг от друга. Генетические расстояния между ними колеблются от 0,3 до 0,9. Образцы, относящиеся к одному виду, например *M. zumi, M. baccata, M. sieboldii*, отличаются по составу аллелей SSR-локусов. Вместе с тем низкие значения бутстрэпа указывают на скорее случайное распределение видов по кластерам, что затрудняет уточнение родственных связей между ними. Распределение видов яблони по кластерам, отличное от их происхождения и классификации, отмечено при исследовании генетического разнообразия восьми локусов микросателлитных последовательностей [8]. Возможно, формирование кластеров с высокой достоверностью затруднено в связи с наличием большого количества уникальных и редких аллелей среди видов яблони и наблюдаемым высоким полиморфизмом анализируемых SSR-локусов. В то же время, анализ более консервативных участков генома яблони позволяет уточнить некоторые спорные вопросы систематики этого рода [2].

Заключение

SSR-маркеры могут успешно применяться для идентификации на молекулярном уровне

как сортов, так и видов яблони. Наличие сайтов связывания для SSR-локусов в геноме диких видов рода *Malus* обеспечивает возможность анализа гибридного материала, полученного в результате межвидового скрещивания. Однако, для установления родственных связей между видами анализа состава аллелей 20 рассмотренных SSR-локусов недостаточно.

Литература

1. *Урбанович О. Ю., Козловская З. А., Картель Н. А.* Паспортизация сортов яблони на основе SSR-маркеров // Докл. НАН Беларуси. 2008. Т. 52, № 5. С. 93–99.
2. *Фортэ А. В., Игнатов А. Н., Пономаренко В. В., Дорохов Д. Б., Савельев Н. И.* Филогения видов яблони рода *Malus* на основе оценки морфологических признаков и молекулярного анализа ДНК // Генетика. 2002. Т. 38, № 10. С. 1357–1369.
3. *Botstein D., White R. L., Skolnik M., Davis R. W.* Construction of a genetic linkage map in man using restriction fragment length polymorphisms // Am. J. Hum. Gen. 1980. V. 32. P. 314–331.
4. *Cevik V, King G J.* High-resolution genetic analysis of the *Sd-1* aphid resistance locus in *Malus* spp // Theor. Appl. Gen. 2002. V.105. P. 346–354.
5. *Galli Z., Halasz G, Kiss E., Heszky L., Dobranszki J.* Molecular identification of commercial apple cultivars with microsatellite markers // Hort. Sci. 2005. V. 40. P. 1974–1977.
6. *Gianfranceschi L., Seglias N., Tarchini R., Komjanc M., Gessler C.* Simple sequence repeats for the genetic analysis of apple // Theor. Appl. Gen. 1998. V. 96. P. 1069–1076.
7. *Guilford P., Prakash S., Zhu J. M., Rikkerink E., Gardiner S., Bassett H., Forster R.* Microsatellites in *Malus X domestica* (apple): abundance, polymorphism and cultivar identification // Theor. Appl. Gen. 1997. V. 94. P. 249–254.
8. *Hokanson S. C., Lamboy W. F, Szewc-McFadden A. K., McFerson J. R.* Microsatellite (SSR) variation in a collection of *Malus* (apple) species and hybrids // Euphytica. 2001. V. 118. P. 281–294.
9. *Liebhard R., Gianfranceschi L., Koller B., Ryder C. D., Tarchini R., Van De Weg E., Gessler C.* Development and characterization of 140 new microsatellites in apple (*Malus* x *domestica* Borkh.) // Theor. Appl. Gen. 2002. V. 10. P.217–241.
10. *Nei M., Li W. H.* Mathematical model for studying genetic variation in terms of restriction endonucleases // Proc. Natl. Acad. Sci. USA. 1979. V. 76. P. 5269–5273.
11. *Pereira-Lorenzo S., Ramos-Cabrer A. M., Diaz-Hernandez M B.* Evaluation of genetic identity and variation of local apple cultivars (*Malus* × *domestica* Borkh.) from Spain using microsatellite markers // Gen. Resour. Crop Evol. 2007. V. 54. P. 405–420.
12. *Silfverberg-Dilworth E., Matasci C. L., Van de Weg W. E., Van Kaauwen M P. W., Walser M., Kodde L. P., Soglio V, Gianfranceschi L., Durel C. E., Costa F, Yamamoto T, Koller B., Gessler C., Patocchi A.* Microsatellite markers spanning the apple (*Malus* × *domestia* Borkh.) genome // Tree Genetics & Genomes. 2006. V. 2, № 4. P. 202–224.

ГЕНОТИПИРОВАНИЯ СОРТОВ КАРТОФЕЛЯ НА ОСНОВЕ АНАЛИЗА ПОЛИМОРФИЗМА ЯДЕРНЫХ МИКРОСАТЕЛЛИТНЫХ ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНОСТЕЙ

Н. А. Швачко, О. Ю. Антонова, Л. Ю. Новикова, Л. И. Костина, Т. А. Гавриленко

Государственный научный центр РФ Всероссийский научно-исследовательский институт растениеводства им. Н. И. Вавилова РАСХН, Санкт-Петербург, Россия,

e-mail: n_shvachko@mail.ru

Резюме

Проведен анализ полиморфизма ядерных микросателлитных локусов (nSSR) у 119 сортов картофеля селекции Российской Федерации, Республики Беларусь и Украины. Все изученные нами сорта можно было надежно идентифицировать с использованием 14 пар SSR-праймеров, при этом показано, что для различения всех сортов можно ограничиться только использованием трех пар праймеров. Выявленные генетические взаимосвязи сортов проанализированы на основе информации об их родословных.

POTATO CULTIVARS GENOTYPING USING NUCLEAR MICROSATELLITES

N. A. Shvachko, O. Yu. Antonova, L. Yu. Novikova, L. I. Kostina, T. A. Gavrilenko
State Scientific Centre N. I. Vavilov All-Russian Research Institute of Plant Industry of RAAS,
St. Petersburg, Russia, e-mail: n_shvachko@mail.ru

Abstract

Polymorphism of 14 nuclear microsatellites was studied in 119 potato cultivars from Russia, Belarus and Ukraine. All varieties could be identified by using 14 nSSRs. In fact, only 3 markers are required for distinguishing all the cultivars. Genetic relationships between cultivars have been analyzed using the information about their pedigrees.

В генбанках при хранении больших коллекций растений возникают проблемы контроля, регистрации, генотипирования сохраняемого материала, а также определения истинности и чистоты сортового генофонда. Эта проблема особенно актуальна для in vitro коллекций, так как у пробирочных растений невозможно определить весь комплекс морфологических и хозяйственно ценных признаков, свойственных каждому сорту. В целях оценки генетического разнообразия ex situ коллекций картофеля, а также для генотипирования сортов наиболее часто и успешно применяются ДНК-маркеры, основанные на использовании полимеразной цепной реакции (ПЦР). В данном исследовании были использованы nSSR-макеры из набора PGI (potato genetic identification) [2], nSSR-маркеры, созданные Милборном с коллегами [3], Файнгольдом и сотрудниками [1], а также маркеры, созданные согласно информации Institute for Genome Research [http://www.tigr.org]. Всего в нашем исследовании было использовано 24 пары SSR-маркеров, которые являются монолокусными и при амплификации с ДНК-сортов картофеля (2 n = 4 x = 48) выявляют в анализируемом локусе до четырех различных аллелей [1–3]. Данные маркеры используются для генотипирования сортов и образцов культурных видов картофеля различными исследовательскими лабораториями [2], поэтому использование такого набора SSR-маркеров упрощает процедуру воспроизводимости и сравнения результатов разных исследовательских групп.

Материал исследования был представлен 119 сортами картофеля, селекции РФ (78 сортов), селекции республики Беларусь (23 сорта) и Украины (14 сортов). 78 из 119 сортов находятся в Государственном реестре селекционных достижений, допущенных к использованию в Российской Федерации (http://www.gossort.com/ree_cont.html). Анализ полиморфизма SSR-локусов проводили с использованием ПЦР с флуоресцентно-меченными праймерами. Условия ПЦР соответствовали рекомендациям разработчиков праймеров; в ряде случаев условия ПЦР были оптимизированы. Электрофорез выполняли в 6,5% денатурирующем ПААГ на приборе LI-COR 4300S DNA Analyzer с использованием методики, предложенной фирмой – изготовителем. На основе результатов анализа аллельного состава SSR-локусов была создана база данных. Анализ SSR-спектров сортов проводили, регистрируя наличие (данные записаны как цифра 1) и отсутствие (данные записаны как цифра 0) конкретного, хорошо воспроизводимого полиморфного компонента ДНК. Уровень полиморфизма микросателлитных локусов оценивали с помощью индекса PIC (Polymorphic Information Content). Значения PIC рассчитывали по формуле:

$$PIC = 1-\Sigma (p_i^2),$$

где p_i частота встречаемости i-той аллели у всех образцов [4].

Статистическую обработку полученных результатов проводили с применением пакета программ StatSoft Statistica 6.0 и DarWin 5.0.155. На основании составленной базы данных был выполнен кластерный анализ с использованием методов: иерархического анализа, метода Варда (Ward) и метода Ближайшего соседа (Neighbor Joining).

10 из 24 SSR-маркеров были исключены из анализа по причине невысокого полиморфизма соответствующих локусов или сложности детекции полученных компонентов SSR-спектров. В совокупности 14 пар SSR-праймеров генерировали 104 микросателлитных

фрагмента размером от 69 до 341 п.о. В проанализированных локусах было выявлено от трех до 11 различных аллелей. Уровень полиморфизма изученных сортов оказался достаточно высок: значения индекса PIC варьировали от 0,527 до 0,839 в зависимости от локуса, и в среднем составляли 0,743. Уровень гетерозиготности исследуемых локусов был также достаточно высоким: от 59,7 до 93,7%. Доля гомозиготных локусов в среднем составляла 13,3% (0 – 40,4%). 43 из 104 выявленных аллелей можно отнести к редким, встречающимся менее чем у 5% изученных сортов. У 8 сортов (Алмаз, Брянский надежный, Голубизна, Гранат, Зов, Сказка, Слава Брянщины и Хибинский ранний) были обнаружены уникальные аллели, то есть встречающиеся только у одного данного сорта из всей выборки. Набор аллелей, выявленных во всех 14 SSR-локусах, был индивидуален для каждого сорта, что позволило нам надежно идентифицировать все 119 сортов. Более того, после работы по минимизации количества маркеров оказалось, что для различения 119 сортов изученной выборки можно ограничиться тремя парами SSR-пріймеров.

С помощью методов кластерного анализа матрицы данных SSR-анализа выявлены 10 групп генетически близких сортов, например, независимо от метода кластеризации, часть сортов белорусской селекции (Атлант, Гранат, Лазурит, Выток) всегда объединялась вместе. Нам не удалось выявить совместной кластеризации сортов из одной страны (России, Украины или Беларуси) или из одного селекционного центра, где создавались сорта. По-видимому, это свидетельствует об интенсивном обмене генетического материала между странами и селекционными станциями при создании сортов. Однако нами были выявлены небольшие по составу группы (до трех) сортов, объединение которых было поддержано высокими значениями бутстреп оценки (до 90%). Тесные генетические взаимосвязи, входящие в эти группы сортов, были подтверждены данными их родословных.

Высокий уровень полиморфизма изученных микросателлитных локусов позволяет рекомендовать отобранные маркеры для генотипирования сортов картофеля, создания системы их регистрации, определения истинности и чистоты сорта.

Работа выполнена при поддержке РФФИ, грант № 08-04-13747 офи-ц.

Литература

1. *Feingold S., Lloyd J., Norero N., Bonierbale M., Lorenzen J.* Mapping and characterization of new EST-derived microsatellites for potato (*Solanum tuberosum* L.) // Theor. Appl. Genet. 2005. V. 111. P. 456–466.
2. *Ghislain M., Spooner D. M., Rodriguez F., Villamon F., Nщńez J., Vasquez C., Waugh R., Bonierbale M.* Selection of highly informative and user-friendly microsatellites (SSRs) for genotyping of cultivated potato // Theor. Appl. Genetics. 2004. V. 108. P. 881–890.
3. *Milborne D., Meyer R. C., Collins A. J., Ramsay L. D., Gerbhardt C., Waugh R.* Isolation, characterization and mapping of simple sequence repeat loci in potato // Mol. Gen. Genet. 1998. V. 259. P. 233–245.
4. *Nei M.* Analysis of gene diversity in subdivided populations // Proceedings of the National Academy of Science USA. 1973. V.70. P. 3,321–3,323.

ЦЕННЫЕ ДИКОРАСТУЩИЕ ВИДЫ И ЭКОТИПЫ МНОГОЛЕТНИХ ТРАВ И ЛЕКАРСТВЕННЫХ РАСТЕНИЙ КАЗАХСТАНА КАК ИСХОДНЫЙ МАТЕРИАЛ ДЛЯ СЕЛЕКЦИИ

Г. И. Штефан, Е. И. Парсаев, Н. И. Филиппова
Научно-производственный центр зернового хозяйства им. А. И. Бараева, Алмаатинская обл., Казахстан, e-mail: tsenter-zerna@mail.ru

Резюме

Представлены результаты обследования естественных ценозов районов Северного, Восточного и

Центрального Казахстана. Определены места произрастания и сбор диких сородичей с целью привлечения в культуру новых видов многолетних кормовых трав и лекарственных растений, создания и поддержания коллекции их генофонда. Дикорастущие экотипы используются в селекционном процессе в качестве источников высокой адаптивности к абиотическим и биотическим факторам.

VALUABLE WILD-GROWING SPECIES AND ECOTYPES PERENNIAL GRASES AND MEDICINAL PLANTS AS AN INITIAL MATERIAL FOR BREEDING

G. I. Shtefan, E. I. Parsaev, N. I. Filippova
Barayev Research and production centre of a Grain Farming, Almaty region, Kazakhstan, e-mail: tsenter-zerna@mail.ru

Abstract

The results of inspection of natural coenosis of North, East and Central Kazakhstan are submitted. The places of locations of wild species were determined for using them as a field crop of a new perennial grasses and medical plants and for creation and suppoting of its genefund collection. Wild-growing ecotypes are using in breeding process as a sources of high adaptive to abiotic and biotic factors.

Для создания сенокосов и пастбищ огромное значение имеет использование кормовых ресурсов дикорастущей флоры. Дикорастущие растения, как указывал Н. И. Вавилов, являются источником ценных видов и форм для селекции и пополнения генофонда (Н. И. Вавилов, 1926). Их ценность состоит в том, что они имеют глубокие эколого-генетические особенности, так как сформировались в процессе длительной эволюции в различных почвенно-климатических условиях. Однако на территории Казахстана идет интенсивный процесс обеднения естественной растительности под воздействием техногенных, экологических и других причин, утрачено значительное число видов растений. Сейчас под угрозой исчезновения находится 19 видов, из них половину составляют кормовые растения [1]. Исчезновение генетических ресурсов, в связи с разрушением их мест обитания, зашло настолько далеко, что, по прогнозам, к 2015 г. разнообразие планеты может сократиться на 10% [4].

Учитывая связь этих факторов, в Республике своевременно начата работа, направленная на сохранение разнообразия естественного растительного ресурсного материала. К одному из путей выполнения этой задачи относятся экспедиционные обследования природной флоры, сбор и изучение диких сородичей культурных растений, привлечение в культуру новых видов многолетних кормовых растений, создание и поддержание генофонда.

Для определения наиболее перспективных районов по численности интересующих нас видов и разнообразия условий их произрастания мы руководствовались материалами геоботанических исследований в Казахстане, ученых ВИРа им. Н. И. Вавилова (1971–1980 гг.), экспедиций НПЦЗХ (ВНИИЗХ) (1979–1988 гг.), литературных источников – Л. Н. Соболев «Кормовые ресурсы Казахстана», «Флора Казахстана» (1956–1965 гг.) и др. [2, 3]. В экспедициях, в результате опроса местного населения, бесед со специалистами сельского хозяйства и научных учреждений, уточнялись на месте маршруты, что давало возможность вести работу целенаправленно и результативно.

Сборы семян многолетних кормовых растений проводили на территории Северного Казахстана (Кустанайская, Акмолинская, Северо-Казахстанская, Павлодарская области), Центрального Казахстана (Карагандинская обл.), Восточного Казахстана (Восточно-Казахстанская обл.).

Экспедициями собрано 460 образцов, относящихся к 25 видам двух семейств: злаковых – 313 и бобовых – 147 (табл.) и более 150 образцов лекарственных растений.

Коллекция **житняка ширококолосого** *(Agropyron cristatum* subsp. *pectinatum* (Bieb.) Tzvel.) представлена 133 образцами, тремя экотипами: лугово-степным, степным и солончаковым.

Лугово-степной экотип *(A. cristatum* P. B. *glaucum)* собран на влагообеспеченных

участках: в пониженных элементах рельефа, вблизи рек и водоемов, вдоль насыпи трасс. Кусты высокорослые (68–85 см), плотные. прямостоячие или полураскидистые. с хорошей облиственностью. Листья со слабым восковым налетом, верхняя часть стебля и незрелые колосья с антоциановой окраской, растения негрубые. Лучшие образцы собраны в Костанайской (ик-2420, 2430) и Северо-Казахстанской (ик-2452) областях.

Состав коллекции многолетних трав, собранных экспедициями НПЦЗХ им. А. И. Бараева за 1998–2008 гг.

Вид	Год						Всего
	1998	2001	2003	2005	2006	2008	
Злаковые							
Житняк	27	27	26	13	28	12	133
Ломкоколосник ситниковый	4	3	4	9	9	3	32
Кострец безостый	18	29	13	15	20	22	117
Пырей средний	8	–	–	–	–	–	8
Пырей ползучий	3	1	–	–	–	–	4
Овсяница валисская	–	–	–	–	2	1	3
Тонконог стройный	–	–	–	–	1	1	2
Чий блестящий	–	–	–	–	1	–	1
Полевица	–	–	–	–	1	1	2
Лисохвост луговой	–	–	–	–	–	2	2
Бекмания обыкновенная	–	–	–	–	–	2	2
Тимофеевка луговая	–	–	–	–	–	3	3
Мятлик лесной	–	–	–	–	–	2	2
Волоснец (узкий, гигантский)	–	–	–	–	–	2	2
Итого	60	60	43	37	62	51	313
Бобовые							
Люцерна (синяя, желтая, изменчивая)	8	12	6	3	6	3	38
Эспарцет песчаный	10	17	5	13	4	4	53
Донник желтый	5	2	6	3	5	9	30
Донник белый	2	3	–	–	2	–	7
Донник волжский	1	1	–	–	3	2	7
Клевер розовый	–	3	–	–	1	3	7
Клевер белый	–	–	–	–	–	1	1
Астрагал бороздчатый	1	–	–	1	1	1	4
Итого	27	38	17	20	22	23	147
Всего	87	98	60	57	84	74	460

Степной экотип *(A. cristatum* P. B. *typicum)* собран в сухих степях, преимущественно на каштановых почвах легкого механического состава. Растения этой группы низко (30–40 см) и среднерослые (41–80 см), со средней облиственностью. Отдельные кусты в злаково-полынно-разнотравных ценозах хорошо развиты и имели от 95 до 165 генеративных стеблей, высокую семенную продуктивность. Ценные образцы собраны в Костанайской (ик-2419, 2392), Акмолинской (ик-2355, 2353, 2479, 2363), Северо-Казахстанской (ик-2432), Павлодарской (ик-2524, 2531) областях.

Солончаковый экотип *(A. cristatum* P. B. *salsugineum)* собран на солонцовых землях в восточной части Северо-Казахстанской (ик-2282, 2296, 2300), Акмолинской (ик-2612) и Восточно-Казахстанской (ик-2501, 2651) областях. Низкорослые формы, высотой 30-50 см, стебли тонкие, листья короткие, свернутые, кусты развалистые. Колос очень короткий, рыхлый. По продуктивности уступает другим подвидам, однако ценен как солеустойчивая

форма.

Вблизи старых заброшенных сенокосов (возраст 15–20 лет) собраны образцы, которые представляют гибридные популяции (от свободного переопыления дикорастущих популяций и сортов).

Ломкоколосник ситниковый (*Psatthyrostachys juncea* (Fisch.) Nevski) произрастал в различных экологических условиях: в степных районах, в типчаково-ковыльно-житняково-полынных ценозах, на влагообеспеченных участках в злаково-разнотравных травостоях, на солонцах в сообществе с волоснецом узким, овсяницей валисской (типчаком), полынью селитряной и австрийской, терескеном, кохией, донником. Наиболее ценные образцы, собранные в Майском районе и Баянаульском низкогорье Павлодарской (ик-2656, 2657, 2662), Костанайской (ик-2388, 2403, 2374) и Карагандинской (ик-2496, 2498) областей, отличаются солеустойчивостью, прямой формой куста, высотой 75–120 см, со средней облиственностью, количеством генеративных стеблей от 50 до 110. Короткостебельные формы отличались солеустойчивостью, слабой осыпаемостью семян и устойчивостью к ржавчинным болезням. В степи северной части Восточно-Казахстанской обл., некогда богатой различными экотипами ломкоколосника ситникового, в настоящее время встречаются лишь единично стоящие растения. Собраны семена с высокорослых (110–130 см), многостебельных (90 стеблей) кустов (ик-2517, 2522), однако в период созревания они сильно подвержены осыпаемости.

Кострец безостый (*Bromopsis inermis* (Leyss.) Holub) представлен тремя экотипами: степным, луговым и лесостепным.

Кострецы степные встречаются в понижениях мелкосопочников, открытых степях с повышенным фоном увлажнения, на лугово-черноземных солонцеватых почвах. Характеризуются низкорослостью (50–80 см), мелкими или средних размеров листьями, укороченными, компактными или раскидистыми метелками длиной 10–15 см. К ним следует отнести номера из Акмолинской (ик-2618, 2620, 2234, 2249), Павлодарской (ик-2638, 2643, 2631) и Восточно-Казахстанской (ик-2502, 2506) областей. Образцы отличались засухоустойчивостью и представляют интерес для селекции на усиление этого признака в сорте.

Луговая разновидность представлена популяциями с высокими растениями (100–145 см), имеющими широкие и длинные листья, крупные метелки 16–24 см. К ним относятся образцы из Павлодарской (ик-2627, 2655, 2658), Восточно-Казахстанской (ик-2652), Северо-Казахстанской (ик-2272, 2293, 2304, 2464) и Костанайской (ик-2416) областей, собранные на влагообеспеченных элементах рельефа: в поймах реки Иртыш, суходольных лугах и тд.

Лесостепная группа занимает по ряду признаков промежуточное положение и представлена номерами коллекции из Павлодарской (ик-2624, 2625, 2666) и Карагандинской (ик-2672) областей.

Пырей сизый (*Agropyrum glaucum* R. et Sch.) встречается на солонцеватых черноземах Северо-Восточного Казахстана, на землях с повышенным увлажнением около лесных околков (ик-2246). В Буландынском районе Акмолинской области в пырейно-кострецово-полынном травостое растения пырея (ик-2290, 2307) составляли более 30%. Отдельностоящие кусты рыхловатые, прямостоячие или слегка развалистые, высотой 70–110 см с очень хорошей облиственностью и более поздним периодом созревания.

Люцерна посевная, или синяя (*Medicago sativa* L.) **и люцерна изменчивая, или средняя** *(Medicago varia* Mart.) встречались редко, преимущественно на увлажненных элементах рельефа: в западинах, на опушках лесов, около лесополос, дорог. Чаще всего произрастают в составе бобово-злаково-разнотравных ценозов единичными кустами или куртинами. В местах сбора с хорошей влагообеспеченностью – кусты прямостоячие или полураскидистые, со средней облиственностью, высотой стеблей 45–100 см, сроки цветения, созревания семян, в отличие от обычных степных участков, более растянуты. Бобы крупные, спирально закрученные в 1,5–3 оборота.

Наиболее ценные образцы собраны в Северо-Казахстанской (ик-2298, 2236, 2434, 2457,

2748), Костанайской (ик-2712), Акмолинской (ик-2754), Павлодарской (ик-2634, 2636), Карагандинской (ик-2673) и Восточно-Казахстанской (ик-2527) областях. Они характеризуются высокорослостью, хорошей семенной продуктивностью и облиственностью.

На открытых, менее увлажненных степных массивах эти виды распространены в злаково-бобово-полынных ценозах, кусты низкорослые, высотой 35–60 см, полураскидистые или раскидистые, чаще прижаты к земле. Листья мелкие, облиственность средняя или слабая.

Люцерна желтая *(Medicago falcata* L.) собрана как в засушливых степных типчаково-ковыльно-полынных ценозах, так и в злаково-бобовых разнотравных на более увлажненных участках. Растет на черноземных супесчаных, известковых каштановых почвах, солонцах.

Кусты имеют от 15–30 до 50 основных стеблей, раскидистые или полураскидистые. Стебли от 40–55 до 90–110 см, часто стелятся по земле. Листья мелкие, облиственность средняя.

Лучшие образцы из Акмолинской (ик-2368), Костанайской (ик-2393), Павлодарской (ик-2635, 2645, 2664) областей собраны в ценозах, где люцерна желтая являлась фоновым растением. В таких травостоях проведены массовые отборы, семена собраны с высокорослых кустов (70–95 см), с хорошей облиственностью и кустистостью.

Эспарцет песчаный *(Onobrychis arenaria* D. C.) в диком виде в степной зоне произрастает только на участках с повышенным фоном увлажнения – вдоль лесополос, в западинах, межсопочных котловинах, на легких и защебненных почвах. Произрастает в бобово-злаково-полынных ценозах, иногда является доминантным или субдоминантным растением среди житняка, люцерны. Кусты прямостоячие, высотой 60–120 см, имеет от 15–30 до 80 основных стеблей, со средней облиственностью. В Северо-Казахстанской (ик-2435, 2443, 2746, 2737), Костанайской (ик-2726, 2746, 2733), Карагандинской (ик-2494, 2677), Восточно-Казахстанской (ик-2504, 2514) областях собраны ценные образцы, с высокой семенной продуктивностью, со слабой осыпаемостью семян, с устойчивостью к повреждению вредителями.

Донник желтый *(Melilotus officinalis* (L.) Desr.) произрастает на всей обследованной территории, как на легких, так и на тяжелых почвах, на солонцах, черноземах, щебенистых и песчаных землях, по обочинам дорог, берегам рек, окраинам полей, на залежах, часто доминирует в злаково-полынных травостоях. На открытых степных участках и солонцеватых почвах собраны образцы в Акмолинской (ик-2608, 2613, 2622, 2489, 2482), Карагандинской (ик-2482, 2486), Костанайской (ик-2701, 2711, 2727, 2729), Павлодарской (ик-2533, 2570), Северо-Казахстанской (ик-2745) областях с высотой растений 60–110 см, со средней или слабой облиственностью, имеющих от 3 до 6–7 основных стеблей. На увлажненных участках лесостепной зоны Акмолинской обл. среди злаково-разнотравной растительности популяции (ик-2600, 2602) имели более мощные растения – 140–160 см высотой, основных стеблей 6–10, хорошо облиственные.

Донник белый *(Melilotus albus* Desr.) распространен в тех же местах, что и донник желтый, но встречается реже. Семена наиболее ценного образца донника белого (ик-2630) удалось собрать в Павлодарской обл. на легких каштановых почвах. Растения этого образца высотой 180–235 см, имеющие 4–10 основных стеблей, с хорошей облиственностью и стеблистостью, высокой семенной продуктивностью (рис. 1).

Донник волжский *(Melilotus wolgicus* Poir.) встречался там же, где белый и желтый виды. Отборы семян в ценозах проведены с лучших растений, высотой 100–140 см, с 5–8 основными стеблями, высокой стеблистостью, крупными семенами и их дружным созреванием. К ним относятся образцы из Павлодарской (ик-2626), Акмолинской (ик-2693, 2603) и Карагандинской (ик-2675) областей. Агробиологическая и хозяйственная оценка дикорастущих образцов проводится на обычных зональных почвах. В результате изучения выделено более 60 образцов по продуктивности кормовой массы, семян, превышающих стандарты на 5–17%; устойчивые к засухе, низким температурам зимой, заморозкам, болезням. Отобранные образцы используются в практической селекции в качестве

компонентов для гибридизации с лучшими местными сортами, гибридами. Ряд образцов после проведенных отборов по ценным признакам включены в контрольный питомник и конкурсное сортоиспытание.



Рис. 1. Ценоз с доминированием донника белого (ик-2630) на легких каштановых почвах, Павлодарская обл.

Лекарственные растения, встречающиеся во флоре Северного Казахстана (около 80 видов), преимущественно относятся к степному и лугово-степному типам: *Achillea millefolium* L., *Taraxacum officinale* Wigg., Salvia *stepposa* Shost. *Plantago lanceolate* L., *P. major* L., P. media L, *Capsella bursa pastoris* (L.), *Tanacetum vulgare* L., *Equisetum arvense* L. Эти широко используемые в медицине растения встречаются небольшими куртинами, а часто одиночно в разнотравных сообществах. В Северо-Казахстанской области по склонам сопок встречаются массивы *Phlojodicarpus sibiricus* (Steph.) K. Pol., *Ziziphora bungeana* Gus., занимающие доминирующее положение в полынно-разнотравных ценозах. На разнотравных лугах Костанайской области сохранились массивы (0,2–0,5 га) *Echinops sphaerocephalus* L., *Eryndium planum* L., *Sanguisorba offficinalis* L., рассеянно встречается *Salvia nutans L.* Среди искусственных лесонасаждений распространены *Urtica dioica, Artemisia dracunculus* L., *Cnamaenerium angustifolium* (L) Scop.

Среди ленточных боров расположены естественные растительные сообщества и интерес представляют *Helichrysum arenarium* Moench. *(*рис. 2), *Artemisia dracunculus* L., *Potentilla erecta* (L.) Racusch., однако зарослей промышленного значения они не образуют. Хорошо освещенные опушки березовых лесов и колков предпочитают *Thymus marschallianus* Willd., *Thymus serphyllum* L., *Echinops ritro* L., *Filipendula ulmaria (L.)* Maxim., *Phlomis tuberosa* L.

Особое место среди лекарственных растений Казахстана занимает *Glycyrrhiza uralensis* Fisch. Основные заросли промышленного значения расположены на юге Республики, где их площадь составляет более 30 тыс. га, на севере – естественные популяции солодки встречаются отдельными массивами от 0,5 до 2,5 га в Костанайской, Северо-Казахстанской областях на западинах, в понижениях, на солонцеватых лугах.

На сопках в предгорьях Алтая встречается ряд культур, имеющих значение в медицине, но произрастающих небольшими куртинами или рассеянно. Среди них – *Origanum vulgare* L., *Hypericum scabrum* L., *H. perforatum* L., *Ziziphora bungeana* Jus., *Achillea mileffolium* L.

Интродукционная оценка лекарственных растений, проведенная по четырем основным показателям (способность к семенному размножению, отношение к высоким температурам, зимостойкость, повреждаемость болезнями и вредителями) позволила выделить

перспективные для возделывания и включения в селекционный процесс лекарственные растения: *Ziziphora bungeana* Juz. (к-171-01), *Urtica dioica* L. (к-83-98), *Plantago major L.* (к-164-01), *Tanacetum vulgare* L. (к-114-098), *Achillea millefolium* L. (к-140-01), *Helichrysum arenarium Moench.* (к-25-93) [5]. Дикорастущий образец *Hypericum perforatum* L. (к-104-98) послужил исходным материалом при создании сорта зверобоя продырявленного Денсаулык.



Рис. 2. Естественный ценоз *Helichrysum arenarium* (к-282-06), Павлодарская обл.

Выводы

В результате поиска, обследования выявлены очаги наиболее ценных популяций кормовых трав и лекарственных растений в естественной флоре.

Создана коллекция многолетних кормовых трав происхождением из различных экологических условий Северного, Центрального и Восточного Казахстана в количестве 460 образцов и 130 образцов лекарственных растений, характеризующихся большим видовым и популяционным разнообразием по морфобиологическим признакам.

Дикорастущие экотипы имеют важное значение для сохранениия генофонда и использования в качестве источников при селекции на продуктивность и устойчивость к стрессовым факторам среды.

Литература

1. *Есимбекова М. А.* Создание ex situ коллекций диких видов и дикорастущих сородичей сельскохозяйственных культур Казахстана // Вест. с.-х. науки Казахстана. 2004. № 6. С. 31–33.
2. *Иванов А. И., Бухтееева А. В.* Ценоареалы важнейших кормовых растений Казахстана // Тр. по прикл. бот., ген. и сел. 1975. Т. 54. С. 3–17.
3. *Методические* указания по сбору растительных ресурсов для пополнения коллекции ВИР им. Н. И. Вавилова. Л. 1974. 18 с.
4. *Халикулов С., Стреет К.* Генетические ресурсы растений в Центральной Азии и Закавказье // Развитие ключевых направлений с.-х. науки в Казахстане: селекция, биотехнология, генетика растений. 2004. С. 37–42.
5. *Штефан Г. И.* Интродукция лекарственных растений на севере Казахстана // Стратегия адаптивной селекции полевых культур в связи с глобальным изменением климата. Саратов, 2004. С. 381–384.

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ПОТЕНЦИАЛА ГЕНЕТИЧЕСКИХ РЕСУРСОВ РАСТЕНИЙ В УСЛОВИЯХ ГЛОБАЛЬНОГО ИЗМЕНЕНИЯ КЛИМАТА

РОЛЬ МИРОВОЙ КОЛЛЕКЦИИ РЖИ В СОЗДАНИИ СИБИРСКОГО ГЕНОФОНДА И СЕЛЕКЦИОННЫХ ФОРМ РЖИ И ТРИТИКАЛЕ

Г. В. Артёмова, П. И. Стёпочкин
Государственное научное учреждение Сибирский научно-исследовательский институт растениеводства и селекции СО Россельхозакадемии, Новосибирск, Россия, e-mail: peter_stepochkin@ngs.ru

Резюме

Мировой генофонд ржи является основой создания селекционных форм и сортов озимой ржи двух уровней плоидности. Использование коллекционного образца ржи к-10028 – донора доминантного гена низкостебельности *Hl* в сочетании с высокими морозо- и зимостойкими формами ржи, отобранными в условиях суровых зим Сибири, сделало прорыв в селекции не только озимой ржи, но и тритикале в данном регионе. На их основе получены озимые сорта диплоидной, тетраплоидной ржи, гексаплоидных тритикале и первичные формы октоплоидных тритикале. Они, а также другие селекционные формы составляют основу сибирского генофонда. Кроме того, в СибНИИРС создается коллекция спонтанных яровых мутантов этих двух родов. В их происхождении участвовал сорт озимой ржи Короткостебельная 69, полученная массовым отбором из гибридной популяции к-10028 × Омка^4.

THE ROLE OF THE WORLD COLLECTION OF RYE IN SIBERIAN GENE POOL AND BREEDING FORMS OF RYE AND TRITICALE PRODUCING

G. V. Artemova, P. I. Stepochkin
State scientific institution Siberian Research Institute of Plant Industry SD of Rossel'khozacademii, Novosibirsk, Russia, e-mail: peter_stepochkin@ngs.ru

Abstract

The world rye gene pool is the basis of producing breeding forms and varieties of winter rye of two levels of ploidy. Utilization of the collection sample k-10028 – the donor of the dominant gene *Hl* in combination with highly frost- and winter hardy rye forms, selected under severe Siberian winter conditions, made a breakthrough in the selection of both winter rye and triticale in the region. On the ground of them winter varieties of diploid, tetraploid rye, hexaploid triticale and primary octaploid triticale forms. They, as well as other breeding forms form the basis of the Siberian gene pool. Besides, a collection of spontaneous spring mutants of these two genera. The winter rye variety Korotkostebel'naya 69 obtained by bulk selection from hybrid population k-10028 × Omka^4 took part in their origin.

Введение

Рожь – традиционная озимая хлебная культура, устойчиво возделываемая в Сибири. Ее посевные площади менялись в разные годы в зависимости от сортов, технологии возделывания и потребностей. В данный момент по Западной Сибири рожь возделывают более чем на 150 тыс. га в Омской, Новосибирской, Кемеровской, Томской и Тюменской областях.

В основном ее используют для изготовления питательного серого хлеба, богатого незаменимыми аминокислотами, а также крахмала, сахара и спирта. В ряде хозяйств рожь возделывают для кормовых целей.

В Сибирском НИИ растениеводства и селекции поддерживается генофонд ржи гибридного происхождения на основе скрещиваний коллекционных образцов с сибирскими высокозимостойкими формами. Поддержание коллекции в чистом виде связано с большими

трудностями из-за необходимости тщательной изоляции образцов для предотвращения переопыления между ними.

На основе селекционных форм ржи в Институте создаются селекционные формы и сорта озимых тритикале.

Материал и методы исследований

Селекционные формы ржи, послужившие базой для создания генофонда и сортов ржи двух уровней плоидности и тритикале, получены на основе мировой коллекции ВИР. Некоторые формы созданы непосредственно переводом на тетраплоидный уровень выделенных по ряду признаков диплоидных образцов. Ряд форм получен путем массового отбора из гибридных популяций. Всего на тетраплоидную основу переведено 20 форм и получено около 50 гибридных комбинаций.

Для создания сорта Короткостебельная 69 гибридизацию и насыщающие скрещивания к-10028 × Омка[4] проводили начиная с 1970 г. [1]. Форма диплоидной ржи Омка характеризуется высокими морозо- и зимостойкостью. Вследствие длинной и тонкой соломины (150 – 180 см) она во все годы изучения полегала, что приводило к значительному снижению ее урожайности.

Коллекционный образец диплоидной ржи к-10028 происходит из Болгарии, устойчив к полеганию благодаря его короткой и прочной соломине (90 – 130 см), что обусловлено действием моногенного доминантного гена *Hl*. Морозостойкость и зимостойкость этой формы очень слабые для условий сибирских зим, и за все годы изучения не было отмечено удовлетворительной перезимовки.

Наличие доминантного гена низкостебельности позволило использовать его в качестве маркерного признака и провести насыщающие скрещивания с зимостойкими, но длинностебельными формами ржи. Для создания популяции, гомозиготной по гену низкостебельности, проводили отбор из свободно переопыленной популяции гетерозигот последнего этапа насыщения по потомству растений при дальнейшем размножении используя метод парных скрещиваний.

Таким образом, полученный сорт диплоидной ржи Короткостебельная 69 объединяет свойства устойчивости к полеганию с высокими зимостойкостью и морозостойкостью. Данный сорт явился вторичным донором гена низкостебельности для создания новых устойчивых к полеганию селекционных форм диплоидной, тетраплоидной ржи и тритикале. В гибридизацию с этим сортом были вовлечены известные сорта Вятка, Ситниковская и ряд других.

Перевод на тетраплоидный уровень осуществлялся путем обработки 0,1% водным раствором колхицина наклюнувшихся семян диплоидной ржи. У химерных растений, выросших из таких семян, побеги состояли как из диплоидной, так и из тетраплоидной тканей. Химерность наблюдалась также в пределах колоса, что обнаруживалось путем анализа пыльцы из пыльников, взятых из разных частей колоса. Помещением в один пергаментный изолятор по одному колосу с двух растений, у которых была обнаружена крупная пыльца, удавалось добиться высокой частоты завязываемости тетраплоидных семян. Дальнейшим цитологическим отбором, на основании подсчета числа хромосом на временных, окрашенных ацетокармином давленых препаратах кончиков корешков проростков семян [2], выделяли тетраплоидные растения и составляли из них популяцию.

Сорт диплоидной ржи Короткостебельная 69 участвовал в создании тритикале как октоплоидного, так и гексаплоидного уровня по схемам скрещивания: а) мягкая пшеница × Короткостебельная 69 → стерильный пшенично-ржаной гибрид (ПРГ) → удвоение числа хромосом колхицином → октоплоидные тритикале и б) мягкая пшеница × Короткостебельная 69 → ПРГ × гексаплоидный тритикале → вторичный гексаплоидный тритикале.

Сорт тетраплоидной ржи Тетра Короткая участвовал в создании гексаплоидных тритикале и аллоржи по схеме: мягкая пшеница × Тетра Короткая → гексаплоидный тритикале, аллорожь.

Озимые сорта ржи и тритикале высевали весной (18 – 22 мая) для выделения из их

популяций спонтанных яровых мутантов (СЯМ).

Результаты исследований и обсуждение

У всех короткостебельных сортов ржи, созданных на основе исходного образца к-10028, ген низкостебельности существенно укоротил соломину. Размеры колоса и зерна при этом не уменьшились, что указывает на отсутствие корреляции между длиной соломины и признаками продуктивности растений ржи.

Сорт Короткостебельная 69 наследовал высокие морозо- и зимостойкость от ржи Омка. Это свойство удалось передать в результате насыщающих скрещиваний низкостебельных гибридов F_1 с Омкой. Уже после четырех насыщений морозо- и зимостойкость практически достигли уровня морозостойкого родителя.

Переводом диплоидной ржи Короткостебельная 69 на тетраплоидный уровень удалось закрепить эти свойства, увеличив в 1,3 – 1,5 раза крупность зерна и повысив урожайность. Таким способом был создан сорт Тетра Короткая. Он на данный момент занимает основные посевные площади озимой ржи в Сибири. Сорт характеризуется устойчивостью к полеганию, высокими зимостойкостью и урожайностью зерна (в среднем 30 – 40 ц/га). Путем полиплоидизации удалось разорвать у ржи отрицательную корреляцию между зимостойкостью и урожайностью зерна.

Новый сорт Влада получен удвоением числа хромосом диплоидного сорта Чулпан (рис. 1,б). Он отличается большей массой 1000 зерен, чем сорт Тетра Короткая. Сорт занесен в Государственный реестр РФ с 2008г.

а



б



Рис. 1. Сорта озимой ржи: а – диплоидные Сибирская 87 и Короткостебельная 69, полученные на основе коллекционного образца к-10028; б – тетраплоидный сорт озимой ржи Влада, полученный на основе диплоидного сорта Чулпан

В ряде исследований отмечается снижение уровня продуктивности и физиологической устойчивости полиплоидных форм ржи. Однако, согласно нашим многолетним исследованиям, средняя урожайность диплоидных и тетраплоидных сортов ржи находится примерно на одном уровне.

Сравнительный анализ элементов продуктивности диплоидных и тетраплоидных сортов ржи, определяющих потенциал их урожайности в зависимости от генотипа и многообразия действия факторов внешней среды, показал, что фактическая урожайность сортовых популяций диплоидных и тетраплоидных форм ржи, в целом, равна, однако вклад отдельных элементов продуктивности в формирование урожайности зерна различен (см. табл.).

На формирование уровня урожайности зерна диплоидных популяций в значительной степени влияет величина продуктивного стеблестоя, который в свою очередь зависит от числа сохранившихся к уборке растений и продуктивной кустистости. По данным признакам диплоидные сортовые популяции превосходят автополиплоиды, особенно в неблагоприятные годы.

Эффект плоидности отрицательно сказывается на репродуктивной способности растений. Тетраплоидные формы имеют более крупный и рыхлый колос, но при этом число колосков и зерен в колосе меньше, чем у диплоидных форм. Существенно снижена у тетраплоидов густота продуктивного стеблестоя, особенно в годы с неблагоприятными агрометеорологическими условиями, что отражает их меньшую физиологическую устойчивость.

Положительный эффект полиплоидии проявляется за счет значительного увеличения размеров зерна, масса 1000 зерен у тетраплоидов составляет в среднем 37,8 г, что на 15 – 20% выше значения этого признака у диплоидных форм. Соответственно увеличивается значение таких важных составляющих структуру урожайности элементов, как масса зерна с колоса и растения.

Сравнительная характеристика диплоидных и тетраплоидных сортов ржи по урожайности зерна и основным элементам продуктивности, 2000 – 2005 гг.

Элементы продуктивности	Значение признака			
	2n		4n	
	среднее	мах	среднее	мах
Урожайность, т/га	4,6 ± 0,2	5,7	4,7 ± 0,3	6,6
Число растений, м^2	125 ± 9	200	120 ± 11	170
Число продуктивных стеблей, м^2	425 ± 18	497	380 ± 22	447
Продуктивная кустистость, шт.	3,1 ± 0,06	4,1	2,7 ± 0,06	4,0
Длина колоса, см	10,0 ± 0,2	10,6	11,0 ± 0,4	12,4
Число колосков в колосе, шт.	32,6 ± 1,2	34,4	29,3 ± 1,7	31,0
Число зерен в колосе, шт.	53,7 ± 3	61,4	46,1 ± 3,5	54,6
Озерненность, %	80,6 ± 1,7	87,5	77,5 ± 2,0	81,6
Масса 1000 зерен, г	25,2 ± 0,8	30,2	37,8 ± 1,1	44,6
Масса зерна с колоса, г	1,33 ± 0,04	1,73	1,62 ± 0,04	1,95
Масса зерна с растения, г	3,54 ± 0,02	5,50	3,95 ± 0,03	6,30
Высота растений, см	114 ± 10	127	114 ± 8	130

Все изучаемые образцы ржи относятся к короткостебельному морфотипу, высота стебля которого контролируется доминантным геном *Hl*. В среднем, по высоте растений различий между диплоидными и тетраплоидными популяциями нет, однако у тетраплоидов, в силу морфологических особенностей строения стебля имеющего более толстые стенки клеток склеренхимы, устойчивость к полеганию выше, чем у диплоидных сортов.

Формы тритикале создаются в СибНИИРС на основе селекционных форм ржи, прошедших отбор в местных условиях и вошедших в сибирский генофонд. Всего было получено 142 семьи C_1 октоплоидных тритикале. В процессе их дальнейшего размножения выяснилось, что они цитогенетически нестабильны. Их популяции содержали анеуплоидные растения, в потомстве которых возникали цитогенетически стабильные формы гексаплоидного уровня [4, 8]. Таким способом были получены селекционные формы тритикале, 42-хромосомный набор их состоял из геномов *A*, *B* и *D* набора хромосом пшеницы и 14 хромосом ржи Короткостебельная 69. Полученные таким способом селекционные формы тритикале обладали более высокой морозостойкостью, чем исходные октоплоидные семьи, вероятно, вследствие увеличения доли генома ржи с 25 до 33%.

Гексаплоидные тритикале, сочетающие геномы мягкой пшеницы и ржи, были получены также в потомстве гибрида от скрещивания мягкой пшеницы с тетраплоидной рожью Удинская Тетра [3]. Необходимо отметить, что жизнеспособными оказались только единичные зерновки из нескольких сотен завязавшихся семян. В потомстве таких растений выделили гексаплоидные формы и аллорожь. У одного гексаплоидного растения из этой комбинации скрещивания в кариотипе насчитывали 16 хромосом ржи, т. е. две хромосомы ржи оказались сверхкомплектными (рис. 2).

Гексаплоидные тритикале УУТ 387 и УУТ 388, полученные из гибридов этой комбинации скрещивания, обладали высокими морозо- и зимостойкостью и длительным для озимых культур вегетационным периодом. Они представляли интерес для селекции на зеленый корм.

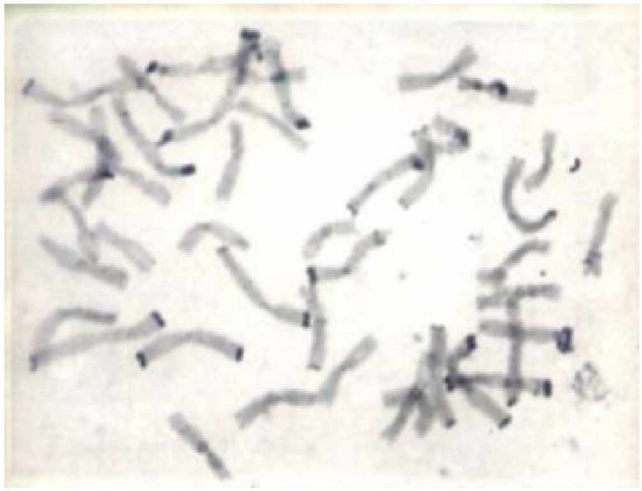


Рис. 2. Метафазная пластинка 44-хромосомного растения (28W + 16R) тритикале F_3 Ульяновка × Удинская тетра. Дифференциальная окраска хромосом соматических клеток

В родословной двух сортов озимых тритикале Цекад 90 и Сирс 57 участвовала диплоидная рожь Короткостебельная 69, передавшая им свойства высокой зимостойкости, низкостебельности и устойчивости к полеганию. Необходимо отметить, что у всех форм тритикале, полученных с участием этой формы ржи, соломина короче, по сравнению с ней на 10 – 15 см (рис. 3).



Рис. 3. Сорта озимых тритикале Цекад 90 и Сирс 57 в питомниках КСИ, созданных на основе ржи Короткостебельная 69.

На основе низкостебельных озимых форм ржи получены и яровые формы, популяции которых состоят из генотипов растений СЯМ, выделенных из популяций озимых сортов Короткостебельная 69 и Сибирская 82 при их весеннем севе [5, 9]. Генетические исследования потомства семи растений выявили, что мутации затронули один и тот же ген [6, 7]. Применив эту же схему скрещиваний и анализ гибридов F_2 таких растений с яровым

сортом Онохойская, мы определили, что мутантный ген находится в другом локусе, чем ген *Vrn1*, который локализован на коротком плече хромосомы 5R ржи Онохойская. В потомстве всех гибридов наблюдали выщепление озимых растений.

Нами создана также популяция яровых мутантов тетраплоидной ржи, созданная таким же способом, но на основе растений СЯМ, выделенных из популяции озимой ржи Тетра Короткая [5, 9]. Полученная таким образом яровая тетраплоидная рожь созревает почти на неделю позже диплоидной. У всех яровых форм ржи проявился доминантный ген низкостебельности *Hl*. То есть смена типа развития растений с озимого на яровой не повлияла на экспрессию этого гена.

Также низкостебельные яровые формы гексаплоидных тритикале получены из популяций низкостебельных озимых сортов Цекад 90 и Сирс 57. Отмечено, что по длине вегетационного периода яровые мутанты тритикале не отличаются от яровых мутантов диплоидной ржи и опережают на 4 – 6 дней таковые тетраплоидной ржи.

Для дальнейшего генетического анализа создана серия тестерных форм тритикале октоплоидного уровня скрещиванием яровых форм пшеницы Triple Dirk, несущих гены *Vrn1, Vrn2, Vrn3* и *Vrn4* с озимой рожью Короткостебельная 69, а также гексаплоидные тритикале на основе скрещиваний коллекционного образца озимой гексаплоидной тритикале Доктрина 110 и селекционной гексаплоидной формы Цекад 22 с линиями пшеницы Triple Dirk, несущих гены *Vrn1* и *Vrn2*.

Заключение

Мировой генофонд ржи является основой создания селекционных форм и сортов озимой ржи двух уровней плоидности. Использование коллекционного образца ржи к-10028 – донора доминантного гена низкостебельности *Hl* – в сочетании с высокими морозо- и зимостойкими формами ржи, отобранными в условиях суровых зим Сибири, сделало прорыв, или своего рода «зеленую революцию», в селекции не только озимой ржи, но и тритикале в данном регионе. На их основе получены озимые сорта диплоидной, тетраплоидной ржи и гексаплоидных тритикале, первичные формы октоплоидных тритикале. Они, а также другие селекционные формы составляют основу сибирского генофонда. Кроме того, в СибНИИРС создается коллекция спонтанных яровых мутантов этих двух культур. В их родословной участвует озимая рожь Короткостебельная 69, полученная массовым отбором из гибридной популяции к-10028 × Омка[4].

Литература

1. *Владимиров Н. С., Артёмова Г. В., Кравченко Г. П.* Научно-теоретические основы создания короткостебельных и тетраплоидных сортов ржи для условий Западной Сибири // Тр. по прикл. бот., ген. и сел. 1982. Т. 673, вып. 1. С. 152 – 156.
2. *Паушева З. П.* Практикум по цитологии растений. М.: Колос, 1974. 288 с.
3. *Степочкин П. И.* Перспективы скрещиваний мягкой пшеницы с сибирскими формами тетраплоидной ржи // Сер. биол. изв. СО АН СССР. 1980. Вып. 2. С. 88 – 94.
4. *Стёпочкин П. И.* Появление растений 6х тритикале в потомстве C_2 гомогеномных 8х тритикале // Генетика. 1978. Т. 14, № 9. С. 1658 – 1659.
5. *Степочкин П. И., Артёмова Г. В.* Анализ яровых доминантных мутаций ржи // Генетика. 2006. Т. 42, №12. С. 1691 – 1693.
6. *Стёпочкин П. И., Артёмова Г. В.* Выявление и изучение криптоэлементов в популяциях озимой пшеницы, ржи и тритикале // Достижения науки и техники АПК. 2008. № 2. С. 28 – 30.
7. *Стёпочкин П. И., Артёмова Г. В.* Создание и изучение коллекции спонтанных яровых мутантов пшеницы, ржи и тритикале в СибНИИРС // Сб. докл. II Вавиловск. междунар. конф. СПб., 2007. С. 350 – 352.
8. *Стёпочкин П. И., Дымова А. Г.* Цитогенетическое изучение промежуточных гексаплоидных форм, выделенных из популяций октоплоидных тритикале // Цитол. и ген. 1986. Т. 20, № 6. С. 441 – 445.
9. *Stepochkin P. I., Artemova G. V.* Analysis of Dominant Spring Mutants in Rye // Russ. Journ. of Genetics. 2006. V. 42, № 12. P. 1428 – 1430.

ИЗМЕНЧИВОСТЬ ВЕГЕТАЦИОННОГО ПЕРИОДА И НЕКОТОРЫХ ЭЛЕМЕНТОВ ПРОДУКТИВНОСТИ У КОЛЛЕКЦИОННЫХ ОБРАЗЦОВ *AVENA* L. В РАЗЛИЧНЫХ УСЛОВИЯХ СРЕДЫ

А. Я. Боме[1], И. Г. Лоскутов[2], Н. А. Боме[3]

[1]Государственный научный центр РФ Всероссийский научно-исследовательский институт растениеводства им. Н. И. Вавилова РАСХН, Санкт-Петербург, Россия, e-mail: agronom772@vir.mail.ru

[2]Государственный научный центр РФ Всероссийский научно-исследовательский институт растениеводства им. Н. И. Вавилова РАСХН, Санкт-Петербург, Россия, e-mail: i.loskutov@vir.nw.ru

[3]Тюменский государственный университет, Биологический факультет, кафедра ботаники и биотехнологии растений, Тюмень, Россия, e-mail: bomena@mail.ru

Резюме

Изучена реакция образцов овса из мировой коллекции ВНИИ растениеводства на факторы окружающей среды по продолжительности вегетационного периода в условиях Северного Зауралья (Тюменская обл.). В целом, при значительной изменчивости признака выявлены образцы со стабильным его проявлением. Формирование продуктивных стеблей на растении, равномерность созревания зерна зависели от погодных условий и особенностей генотипа.

THE VARIABILITY OF VEGETATION PERIOD AND SOME ELEMENTS TO PRODUCTIVITY FOR COLLECTION OF SAMPLES *AVENA* L. IN DIFFERENT CONDITIONS OF THE ENVIRONMENT

A. Y. Bome[1], I. G. Loskutov[2], N. A. Bome[3]

[1]State Scientific Centre N. I. Vavilov All-Russian Research Institute of Plant Industry of RAAS, St. Petersburg, Russia, e-mail: agronom772@vir.mail.ru

[2]State Scientific Centre N. I. Vavilov All-Russian Research Institute of Plant Industry of RAAS, St. Petersburg, Russia, e-mail: i.loskutov@vir.nw.ru

[3]Tyumen State University, Biological faculty, pulpit botanists and biotechnologies of the plants, Tyumen, Russia, e-mail: bomena@mail.ru

Abstract

The explored reaction of sample oats of world collection from VIR for factors environments on length vegetation period in condition of North Zauralie (Tuymen Area). As a whole samples are revealed under significant variability of the sign with stable its manifestation. Shaping productive stalks for one plant, uniformity of the maturation grain depended on weather conditions and particularities genotype.

Введение

Овес посевной (*Avena sativa* L.) относится к числу наиболее важных зерновых культур в мире и занимает около 12 млн га пахотных земель [4].

В сельскохозяйственной зоне Тюменской обл. к началу 90-х годов прошлого столетия овес в структуре посевных площадей составлял около 30%, площадь посевов, занятых овсом, достигала 404,7 тыс. га. При этом основные площади (48,3%) сосредоточены в северной лесостепи. Урожайность овса за 2001–2006 гг. составила в зоне северной лесостепи 3,11 т/га, по области – 2,18 т/га [10].

По данным 2007 г. в Государственный реестр селекционных достижений, допущенных к использованию, включено 74 яровых сорта овса и 4 зимующих, в том числе 10 сортов зарубежной селекции, 1 сорт из Украины, 2 – из Беларуси и 65 сортов – российской селекции [3].

В настоящее время в Госреестре доминируют сорта ярового овса, районированные по 1–3 регионам (66 сортов), и только 9 сортов по 4–7 регионам районирования и овес Скакун возделывается в 9 регионах [1].

В нашей стране эта культура используется в основном на зернофуражные цели. В то же время за рубежом овес достаточно широко используют для пищевых целей как источник повышенного содержания жиров и антиоксидантов. В последнее время для устойчивого

земледелия, особенно в экстремальных условиях северных регионов России, интерес к возделыванию овса увеличивается.

Материалы и методы

В 2006–2008 гг. в Тюменском опорном пункте ВНИИ растениеводства им. Н. И. Вавилова было изучено по комплексу селекционно-ценных признаков 50 образцов овса, в том числе два стандартных сорта Мегион и Тюменский голозерный.

Сорт Мегион выведен ГНУ НИИСХ Северного Зауралья, совместно с ГНУ Сибирский НИИ сельского хозяйства и Нарымской ГСС, методом гибридизации сортов Нарымский 943 и Пшебуй II, с последующим индивидуальным отбором родоначального растения. Разновидность *mutica.*

Сорт Тюменский голозерный. Оригинатор ГНУ НИИСХ Северного Зауралья. Происхождение: индивидуальный отбор из популяции в Синьцзян-Уйгурском АО КНР. Включен в Госреестр по Западно-Сибирскому региону. Разновидность *inermis*.

Площадь, занятая сортами селекции НИИСХ Северного Зауралья в сортовых посевах Тюменской обл., постоянно возрастает. Так, если в 2000 г. доля сортов местной селекции составляла 24,1%, то в 2007 г. – более 80,0% [10].

Коллекция овса была представлена образцами отечественной и зарубежной селекции при равном соотношении. Образцы для изучения поступили из 9 областей и 2 краев России, а также из 19 зарубежных стран. Наибольшее количество образцов по происхождению было из Омской (6 шт. или 12,0%), Тюменской (4 шт. или 8,0%) областей. По 3 образца изучалось из Новосибирской обл. и Грузии, по 2 – из Томской и Ульяновской областей, Алтайского и Краснодарского краев, Татарстана, Нидерландов, Великобритании, Ирана.

Фенологические наблюдения и морфологические описания растений проводили согласно Методическим указаниям по изучению мировой коллекции ячменя и овса [5], Международному классификатору СЭВ рода *Avena* L. [6]. Дополнительные учеты и наблюдения проводили по общепринятым методикам.

Результаты исследований и их обсуждение

Одним из важнейших признаков, который необходимо учитывать при создании сортов овса и при подборе их для выращивания в определенных условиях, является продолжительность вегетационного периода. В северных широтах особое значение приобретает скороспелость сортов [2, 7].

А. И. Мальцевым предложено все виды овса по длине вегетационного периода делить на яровые, дернистые яровые и озимые формы [3]. Яровые формы дают побеги в первый год вегетации, озимые в этот год плодущих стеблей не дают, дернистые формы подобно озимым образуют дернину, но в отличие от них дают и побеги.

По продолжительности вегетационного периода изученные образцы овса в соответствии с Международным классификатором СЭВ [6] были разделены на 5 групп: очень ранние, ранние, среднеспелые, среднепоздние, позднеспелые.

Погодные условия 2006 г. способствовали удлинению вегетационного периода у большинства образцов. Продолжительность вегетационного периода изменялась от 70 сут (Валдин 765, к-14574, Краснодарский край) до 94 сут (Z-51, hatva, к-10915, Югославия). При распределении образцов по группам спелости за основу брали продолжительность вегетационного периода стандартных сортов.

Было установлено, что основное большинство образцов в сложившихся условиях были среднеспелые, таких образцов насчитывалось 24, т. е. почти половина – 47,1% от всего количества. Группа представлена образцами *A. sativa* и только образец к-14826 из Эфиопии – *A. abyssinica*. Среднепоздняя и позднеспелая группы включали по 7 образцов каждая, в целом в коллекции на долю этих двух групп приходится 27,5%. В позднеспелой группе находились формы не только *A. sativa*, но и *A. byzantina, A. strigosa.* Самым коротким вегетационным периодом характеризовались раннеспелые и скороспелые образцы *A. sativa.*

Погодные условия 2007 г. в целом способствовали сокращению вегетационного периода

у большинства образцов. По мнению И. Г. Лоскутова [3], начальные фазы развития, от которых зависит продолжительность всего вегетационного периода, в большинстве случаев определяются температурными показателями мая–июня.

Анализ продолжительности вегетационного периода в наших исследованиях показал увеличение периода всходы – выметывание до 39–47 сут и значительное сокращение по сравнению с 2006 г. периода выметывание – восковая спелость зерна до 21–36 сут.

В третьей декаде мая и июня среднесуточная температура воздуха составила 15,2°С и 21,3°С, что на 3,0°С и 3,3°С соответственно выше нормы. При этом следует отметить резкое повышение температуры, так как в первую декаду мая, первую и вторую декады июня этот показатель уступал средним многолетним значениям. Дальнейшее развитие растений овса проходило на фоне повышенных температур июля и августа. Среднесуточная температура июля была равна 20,6°С (норма 18,6°С), августа – 17,4°С (норма 14,9°С).

Позднее прекращение весенних и раннее наступление осенних заморозков и нередко повторяющиеся в Тюменской обл. засухи определяют необходимость создания скороспелых сортов с более продолжительным первым и коротким вторым или равными между собой межфазными периодами [8, 9].

Продолжительность вегетационного периода изменялась от 62 сут – Спринт 3 (к-14659, Свердловская обл.) до 78 сут (Z-51, hatva, к-10915, Югославия).

В группу очень ранних вошел только один орт Спринт 3 (к-14659) происхождением из Свердловской обл.

Ранние сорта с продолжительностью вегетационного периода до 65 сут составили 30% от всего набора и характеризовались самым различным происхождением.

Среднеспелых сортов насчитывалось 11, или 22%, среднепоздних – 21, или 42%, позднеспелых – 2, или 4%. Следует отметить, что более половины образцов (27 шт.) имели продолжительность вегетационного периода до 70 сут; 21 образец – до 75 сут. Такое резкое сокращение вегетационного периода по сравнению с 2006 г. мы связываем с некоторым аномальным характером погодных условий, проявившихся в существенных колебаниях гидротермического режима.

У первого стандартного сорта Мегион вегетационный период изменялся от 63 до 70 сут, при этом период всходы – выметывание составил 38–42 сут, период выметывание – восковая спелость зерна – 25–30 сут. Продолжительность вегетационного периода второго стандарта Тюменский голозерный равна 70–73 сут с колебаниями первого периода в пределах 39–40 сут, второго периода – 30–33 сут.

Самый короткий вегетационный период зарегистрирован так же, как и в 2006 г., у очень ранних, ранних и среднеспелых образцов *A. sativa.*

В 2008 г. продолжительность вегетационного периода в среднем по коллекции составляла 82 сут, что значительно длиннее по сравнению с предыдущим 2007 г. и близко к 2006 г. Варьирование признака среди изученных образцов было значительным – от 72 сут у ранних образцов до 93 сут – у позднеспелых.

Средняя продолжительность периода всходы – выметывание равнялась 42 сут при варьировании от 38 до 48 сут. Период выметывание – восковая спелость зерна был короче, и среднее значение его по всему набору образцов равно 39 сут, размах варьирования от 32 до 46 сут.

У стандартных сортов Мегион и Тюменский голозерный различий по продолжительности вегетационного периода не наблюдалось – 84 и 85 сут соответственно.

При распределении образцов по группам спелости мы наблюдали различия в некоторых случаях при сравнении с двумя предыдущими годами исследования, что объясняется погодными условиями и особенностями реакции генотипов на меняющиеся условия среды. При анализе групп спелости было выявлено, что продолжительность вегетационного периода большинства образцов соответствовала ранним (16 образцов) и среднеспелым (24 образца). По 3 образца вошли в группы очень ранних и позднеспелых, 5 образцов – в группу среднепоздних.

Скорость протекания этапов органогенеза зависела от количества выпадающих осадков и температурного режима. Так, например, в июле 2008 г. отмечалось превышение над средней многолетней температурой на 2,3°С, но особенно жарко было во второй декаде месяца, когда превышение над нормой составило 4,3°С. Зарегистрировано крайне неравномерное распределение осадков в течение месяца. Например, в жаркой второй декаде их не было совсем, а в третьей декаде по отношению к средней многолетней количество осадков составило 199%. В августе в период созревания зерна отклонения по среднесуточной температуре были незначительны (+0,9°С к норме), а осадков выпало в 1,8 раза больше. Среднесуточная температура сентября уступала норме на 2,6°С, а количество осадков составило 91,7 мм при норме 38 мм. К особенностям первой половины вегетации растений можно отнести засушливые условия в первой и во второй декадах мая, избыточное увлажнение (247% осадков по отношению к средней многолетней) и явный недобор температур (-2,4°С к норме).

В среднем за годы изучения (2006–2008), несмотря на контрастность условий среды, большинство изученных образцов по продолжительности вегетационного периода были среднеспелыми.

Ранним созреванием зерна характеризовались 6 образцов из Ульяновской, Свердловской, Новосибирской областей, Краснодарского края, Татарстана, Башкирии.

Была выделена группа образцов (18 шт.) с относительно стабильным вегетационным периодом во все наблюдаемые годы, несмотря на различные погодные условия в период роста и развития растений (табл.). По происхождению данный набор представляли образцамы из нескольких регионов России, а также из зарубежных стран.

Достаточно устойчивую и стабильную по годам скороспелость проявляли сорта из обдастей: Новосибирской (Новосибирский 88, к-14031), Ульяновской (Скакун, к-13780), Свердловской (Спринт 3, к-14659), которые можно рекомендовать в качестве источников для селекции при создании раннеспелых сортов.

Остальные сорта в группе среднеспелых. У стандартных сортов (Мегион и Тюменский голозерный) отмечалось значительное сокращение вегетационного периода в 2007 г., но в среднем за три года исследований его продолжительность составила 79 сут.

Образцы овса с относительно стабильной продолжительностью вегетационного периода (сут.) в различные годы исследований, Тюмень, 2006-2008 гг.

№ по каталогу ВИР	Образец	Происхождение	2006	2007	2008	Среднее
14031	Новосибирский 88	Новосибирская обл.	70	70	72	71
13780	Скакун	Ульяновская обл.	82	72	78	77
14235	СИР 4	Новосибирская обл.	85	72	79	79
14271	Галоп	Ульяновская обл.	83	72	81	79
14574	Валдин 765	Краснодарский край	70	63	72	68
14659	Спринт 3	Свердловская обл.	72	62	73	69
14778	Памяти Богачкова	Омская обл.	79	72	81	77
14779	Тарский 2	Омская обл.	81	71	76	76
13924	Иртыш 21	Омская обл.	87	73	81	80
1723	Местный черный урожайный	США	80	74	83	79
8101	Местный	Ленинградская обл.	87	75	81	81
11379	Astor	Нидерланды	86	72	80	79
4491	Местный	Грузия	89	73	82	81
13573	Klock 1	Швеция	87	71	85	81
14786	Вагай 2	Алтайский край	84	70	83	79
14952	Краснообский	Новосибирская обл.	83	73	79	78
St_1	Мегион	Тюменская обл.	85	67	84	82
St_2	Тюменский голозерный	Тюменская обл.	84	69	85	79

Ценность сорта определяется относительно выровненными стеблями, расположением метелок в верхних ярусах и, следовательно, равномерностью их созревания. В связи с этим проводился подсчет метелок полноценных и не достигших спелости. При этом ставилась задача выявить взаимосвязь между равномерностью созревания и продолжительностью как всего вегетационного периода, так и отдельных периодов между наступлением фенологических фаз.

В 2006 г. не было ни одного образца без образования подгона. В 2007 г. таких образцов насчитывалось три: Фобос (к-14421, Омская обл.), Спринт 3 (к-14659, Свердловская обл.), Анчар (к-14270, Иркутская обл.). В 2008 г. у четырех образцов выход продуктивных стеблей составил 100%, два из них из Омской обл. – Иртыш 13 (к-13924) и Иртыш 21 (к-14780), по одному образцу из Тюменской области – Тюменский голозерный (к-14784) и США – 87 АВ 59322 (к-14550).

В среднем за годы изучения (2006–2008) полностью без подгона образцов не зарегистрировано. Вместе с тем представляют интерес образцы с большой долей продуктивных стеблей на делянке. Выявлено 7 таких образцов овса, и все они по происхождению из различных регионов России и ближнего зарубежья, относятся к *Avena sativa* L.: Галоп (к-14271, Ульяновская обл.) – 97,7% продуктивных стеблей от общего количества, Валдин 765 (к-14574, Краснодарский край) – 96,8%, Спринт 3 (к-14659, Свердловская обл.) – 98,0%, Иртыш 21 (к-14780, Омская обл.) – 96,6%, Местный (к-2134, Татарстан) – 87,8%, Местный (к-4509, Грузия) – 98,2%, Анчар (к-14270, Иркутская обл.) – 97,4% продуктивных стеблей.

К числу признаков, характеризующих биологическую стойкость сорта в меняющихся условиях среды, относят продуктивную кустистость растений. Реализация этого признака зависит от многих факторов (метеорологические условия, агротехнические приемы, плодородие почвы и т. д.). Вместе с тем очень важно выявление потенциальной кустистости растений. Такая информация может представлять ценность при изучении биологии какого-то конкретного сорта.

В условиях 2006 г. продуктивная кустистость изменялась от 0,9 до 2,2 стеблей на одно растение. Общая кустистость была выше, и предел варьирования количества стеблей на одно растение составил 1,0–3,1 шт.

Высокие показатели как общей, так и продуктивной кустистости отмечены у сортов: Валдин 765 (к-14574, Краснодарский край), Спринт 3 (к-14784, Свердловская обл.), Тюменский голозерный (к-14784, Тюменская обл.), Краснообский (к-13959, Новосибирская обл.).

В 2007 г. продуктивная кустистость изменялась от 0,6 до 2,2 стеблей на одно растение. Общая кустистость была выше, и предел варьирования общего количества стеблей на одно растение составил 1,0–2,6 шт. Средние значения по образцам составили по общей кустистости 1,4 шт., продуктивной – 1,3 шт. У районированного в Тюменской обл. сорта Мегион показатель продуктивной кустистости составил 1,5 стебля на одно растение, общей – 1,6, у сорта Тюменский голозерный – 1,3 и 1,4 стебля соответственно. В целом кустистость можно характеризовать как слабую.

Высокие показатели как общей, так и продуктивной кустистости отмечены у образцов: Орион (14422, Омская обл.), Тюменский голозерный (к-14784, Тюменская обл.), Местный (к-2134, Татарстан), Alo (к-13550, Эстония), Местный (к-4491, Грузия), CAV 3045 (к-14826, Эфиопия). Общая кустистость у названных образцов изменялась в пределах от 1,6 до 2,6 стеблей, продуктивная – 1,0–2,2.

В 2008 г. к числу лучших образцов по продуктивной кустистости отнесены СИР 4 (к-14235, Новосибирская обл.) – 1,55 стеблей на 1 растение; Валдин (к-14574, Краснодарский край) – 2,34; Тарский 2 (к-14779, Омская обл.) – 1,70; Naked (к-1928, Китай) – 1,56; Анчар (к-14270, Иркутская обл.) – 1,83; 87 АВ 59322 (к-14550, США) – 1,59; Краснообский (к-13952, Новосибирская обл.) – 1,55.

В среднем по всей коллекции при сравнении данного признака по годам больших

различий не выявлено (1,2 стеблей на 1 растение в 2006 г., по 1,3 – в 2007 и 2008 гг.). Вместе с тем растения изученных образцов значительно различались по способности формировать продуктивные полноценные стебли, о чем свидетельствует большой размах варьирования по продуктивной кустистости – от 0,32 до 1,87 стеблей.

У стандартных сортов Мегион и Тюменский голозерный продуктивная кустистость по усредненным данным составила 1,42 и 1,36 стеблей соответственно.

В качестве источников по данному признаку на основании результатов трехлетней оценки можно назвать следующие образцы:

– Валдин 765 (к-14574, Краснодарский край) – продуктивная кустистость 1,71, доля продуктивных стеблей от общего количества – 96,8%;

– Тюменский голозерный (к-14784, Тюменская обл.) – продуктивная кустистость 1,87, доля продуктивных стеблей – 93,4% (большое количество подгона отмечено в 2007 г. – 26,3%);

– Alo (к-13550, Эстония) – продуктивная кустистость – 1,46, доля продуктивных стеблей – 94,4%;

– CAV 3045 (к-14826, Эфиопия) – продуктивная кустистость 1,49, 85,6% (значительный подгон в 2007 г. – 20,4%);

– Краснообский (к-13952, Новосибирская обл.) – продуктивная кустистость – 1,66, доля продуктивных стеблей – 88,9%.

По урожайности за исследуемый период образцы значительно различались между собой. Лучшие результаты получены у 9 образцов: Perona (к-13478, Нидерланды), Скакун (13780, Ульяновская обл.), Метис (к-13915, Томская обл.), Алтайский крупнозерный (к-14045, Алтайский край), СИР 4 (к-14235, Новосибирская обл.), Галоп (к-14271, Ульяновская обл.), Памяти Богачкова (к-14778, Омская обл.), Местный (к-2134, Татарстан), Zlotniak (к-13523, Румыния). Средняя урожайность данных образцов составила 321–370 г/м^2.

Литература

1. *Баталова Г. А.* Селекция ячменя и овса в России. Основные результаты и перспективные направления // Селекция, семеноводство и технология возделывания зернофуражных культур. Матер. Междунар. науч.-практ. конф. Ульяновск: Ульяновский НИИСХ, 2008. С. 13–9.
2. *Ермолаева В. Л., Родионова Н. А., Солдатов В. Н., Мережко В. Е., Лоскутов И. Г.* Овес (Характеристика исходного материала для селекции овса в условиях Дальнего Востока и Восточной Сибири) // Каталог мировой коллекции ВИР. СПб.: ВИР, 1992. Вып. 633. 105 с.
3. *Лоскутов И. Г.* Генетические ресурсы и результаты селекции овса и ячменя России // Ген. ресурсы культ. раст. в XXI в.: состояние, проблемы, перспективы. СПб., 2007. С. 525–527.
4. *Лоскутов И. Г., Кобылянский В. Д., Ковалева О. Н.* Итоги и перспективы исследований мировой коллекции овса, ржи и ячменя // Тр. по прикл. бот., ген. и сел. СПб., 2007. Т. 164. С. 80–100.
5. Методические указания по изучению мировой коллекции ячменя и овса. Л.: ВИР, 1981. 30 с.
6. Международный классификатор СЭВ рода *Avena* L. Л.: ВИР, 1984.
7. *Петров Г. Л., Солдатов В. Н., Мережко В. Е., Лоскутов И. Г.* Овес // Каталог мировой коллекции ВИР (Характеристика исходного материала для селекции овса в условиях Северного Зауралья). Л.: ВИР, 1991. Вып. 587. 55 с.
8. *Фомина М. Н.* Исходный материал для селекции овса интенсивного типа в условиях Северного Зауралья: Автореф. дис. … канд. с.-х. наук. Екатеринбург, 1998. 24 с.
9. *Фомина М. Н.* Овес в Северном Зауралье (история культуры и селекции) // Селекция, семеноводство и технология возделывания зернофуражных культур. Матер. Междунар. науч.-практ. конф. Ульяновск: Ульяновский НИИСХ, 2008. С. 195–199.
10. *Чуманова Н. Н.* Биологическая и селекционная ценность скороспелых сортов овса в условиях Западной Сибири: Автореф. дис. … канд. с.-х. наук. СПб., 1992. 18 с.

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ГЕНЕТИЧЕСКИХ РЕСУРСОВ В СЕЛЕКЦИИ ЯРОВОЙ ПШЕНИЦЫ НА УСТОЙЧИВОСТЬ К СТРЕССОВЫМ ФАКТОРАМ В УСЛОВИЯХ СРЕДНЕГО ПОВОЛЖЬЯ

В. В. Глуховцев, А. П. Головоченко
ГНУ Поволжский научно-исследовательский институт селекции и семеноводства имени П. Н. Константинова, Кинель, Россия, e-mail: golovochenko@mail.ru

Резюме

В результате многолетних исследований в Поволжском НИИСС имени П. Н. Константинова созданы высокоадаптивные сорта яровой мягкой пшеницы Лютесценс 801 (1949 г.), Кутулукская (1979 г.), Кинельская 59 (1995 г.), Кинельская нива (2007 г.), Кинельская отрада (2008 г.) для Средневолжского региона РФ. В институте сформированы признаковые коллекции яровой пшеницы, пополняемые из ВИР, которые служат основой для создания селекционного материала. Также разработаны система показателей для отборов в гибридных популяциях F_2-F_5, методы оценки приспособленности сортов к изменчивым условиям региона по урожайности и качеству зерна.

USE OF GENETIC RESOURCES IN SPRING WHEAT BREEDING TO THE STRESS FACTORS RESISTANCE UDER CONDITIONS OF THE MIDDLE VOLGA REGION

V. V. Glukhovtsev, A. P. Golovochenko
Povolzhsky Research Institute of Selection and Seed-growing named after P. N. Konstantinov, Kinel, Russia, e-mail: golovochenko@mail.ru

Abstract

In Povolzhsky NIISS after P. N. Konstantinov many-year research has resulted in producing spring soft wheat varieties: Lutestsens 801 (1949), Kutulukskaya (1979), Kinelskaya 59 (1995), Kinelskaya niva (2007), Kinelskaya otrada (2008) for Middle Volga region of the RF. In the Institute the character collections are formed, which are filling from All-Russian Research Institute of Plant Industry named after N. I. Vavilov, which are based for creation of select materials. Also, the system of index for selection in hybrid population F_2-F_5, the methods of estimate varieties adapt to changeable conditions of region for crop capacity and grain quality was worked out.

Введение

Решение актуальной проблемы обеспечения населения России продовольствием тесно связано с производством зерна. Продуктивность зерновых культур и качество зерна зависят от генетического потенциала сортов, находящихся в производственном обороте. Селекционная работа ведет к усилению адаптации растений, повышению потребительских достоинств зерна, стабилизации урожаев в неустойчивых по климату регионах.

Среднее Поволжье характеризуется высокой изменчивостью выпадения осадков – важного ресурсного фактора развития зерновых культур. Он определяет условия от устойчивой засухи до переувлажнения, что требует от растений широкой нормы реакции. Более чем 100-летняя история селекции в Средневолжском регионе свидетельствует о существенном прогрессе в повышении их устойчивости к стрессовым факторам.

Цель исследований заключалась в создании сортов яровой пшеницы, высокоадаптированных к условиям лесостепи Среднего Поволжья, отвечающих требованиям производства по урожайности и качеству зерна, устойчивых к стрессовым факторам абиотического и биотического происхождения.

Для достижения цели решались задачи создания исходного материала селекции путем привлечения в скрещивания местных и инорайонных образцов, совершенствования методов оценки и отбора, изучения сортов в агротехнических опытах.

Условия и методика проведения исследований

В Поволжском НИИСС работа по селекции яровой пшеницы была начата в 1929 г.

А. Е. Субботиной, переехавшей вместе с П. Н. Константиновым в г. Кинель из Красного Кута. Исходным материалом служили 435 номеров мировой коллекции ВИР, гибриды разных поколений, полученные в Саратовской губернии и местные сорта-популяции.

До ввода в эксплуатацию Жигулевской ГЭС и образования Куйбышевского водохранилища климат Среднего Поволжья отличался резкой континентальностью и засушливостью. Засухи разных типов характерны для региона и в настоящее время.

Отмечена следующая динамика устойчивых засух по десятилетиям: 1980-1989 гг. – 3; 1990-1999 гг. – 3; 2000-2008 гг. – 1. Последние 5 лет из 6 характеризовались чрезмерным выпадением осадков за вегетацию: до и более двух среднемноголетних значений. Осадки выпадают не равномерно за вегетацию, их вариация составила за 2003-2008 гг. 75,5% (56,7-231,7 мм).

К стрессовым факторам яровой пшеницы в лесостепи Среднего Поволжья относятся эпифитотии бурой ржавчины и корневых гнилей. За период 2000-2008 гг. (9 лет) благоприятные условия для развития на листьях яровой пшеницы бурой ржавчины наблюдались в 78% лет. Корневые гнили присутствуют в посевах ежегодно, их индекс развития достигает 50-55%. Совместно эти болезни способны снизить урожай яровой пшеницы в два и более раз.

Селекционная работа выполнялась с соблюдением методики закладки опытов Государственной комиссии по сортоиспытанию, методик учетов урожая, качества зерна, болезней, вредителей (методические пособия ВИР, ВИЗР, других научных учреждений), оригинальных разработок Поволжского НИИСС.

Результаты исследований

В первые годы селекционной работы ставилась задача выведения сортов мягкой и твердой пшеницы, которые отличались бы повышенной урожайностью, устойчивостью к осыпанию зерна, засухе, основным болезням, а также высоким качеством зерна. Привлеченные в скрещивания местные и инорайонные сорта обладали засухоустойчивостью, жаростойкостью, но у них были недостаточно выражены такие важные хозяйственные признаки, как устойчивость к осыпанию зерна и полеганию, устойчивость к пыльной и твердой головне, невысоки технологические качества зерна, низок потенциал продуктивности.

Для улучшения селекционного материала по этим признакам из мировой коллекции привлекались в скрещивания скороспелые формы из Индии, Абиссинии, Палестины, Малой Азии, а также среднеспелые средиземноморские и американские формы в качестве высокопродуктивных родителей.

За период 1929-1960 гг. выведены неосыпающиеся при перестое сорта яровой пшеницы с хорошим качеством зерна и повышенной урожайностью, из которых сорт яровой твердой пшеницы Гордеиформе 1404 (к-34734) в 1938 г. был передан в ГСИ, а в 1946 г. – районирован и высевался в производстве до 1960 г. Он получен отбором из межвидового скрещивания сортов мягкой и твердой пшениц Эритроспермум 841 и Гордеиформе 189. Автор сорта А. Е. Субботина. Сорт среднеспелый, характеризуется высокой засухоустойчивостью, устойчив к полеганию и осыпанию. Мукомольные и макаронные качества хорошие. Зерно крупное, масса 1000 зерен от 30 г до 43 г. До настоящего времени в средней степени поражается грибными болезнями, незначительно уступает новым сортам по урожайности [1].

Основным методом работы с гибридами был метод педигри, а также индивидуальный отбор из местной популяции мягкой пшеницы Ноэ. Из нее была получена линия, а затем сорт Лютесценс 801 (к-38331). Он был передан в ГСИ в 1945 г. и районирован в лесостепной зоне Куйбышевской области в 1949 г. В производстве возделывался до 1968 г. Сорт раннеспелый, засухоустойчивый. Зерно полустекловидное, средней крупности, мукомольные качества средние, хлебопекарные – высокие. Склонен к полеганию, в средней степени поражается пыльной головней [3, 4].

В 40-50-е годы XX в. образцы из коллекции ВИР привлекались в скрещивания в небольших масштабах. Неоднократно коллекция погибала. Селекционная работа

проводилась методами направленного воспитания районированных сортов на высоком агрофоне, гибридизации и индивидуального отбора из гибридного материала и сортов-популяций; методом переделки из озимых в яровые формы; внутрисортового скрещивания; посева яровых пшениц под зиму и отбора выживших лучших форм. Однако результативность селекции этими методами оказалась невысокой. В связи с этим в начале шестидесятых годов метод подбора пар на основе географически и генетически отдаленных форм снова приобрел важное значение в селекции яровых пшениц.

В 1961 г. в Куйбышевской области был районирован новый сорт сильной пшеницы Заволжская (к-43283) Кинельской селекционной станции (авторы сорта А. Е. Субботина, Н. А. Кузнецова). Сорт получен путем гибридизации и последующего отбора из скрещивания образцов Сарроза и Цезиум 111, разновидность цинереум [4].

Сарроза и Цезиум 111 – сильные пшеницы, Заволжская получила от родителей высокую стекловидность и натуру, а также высокие хлебопекарные качества, по которым не уступала стандарту – Саратовской 29. Сорт засухоустойчивый и урожайный, в благоприятные годы его урожай достигал 26,7 ц/га. Недостатком сорта была его сильная поражаемость в годы эпифитотий бурой ржавчиной и мучнистой росой.

С начала 60-х годов исходный материал в основном создается методом гибридизации, в том числе применяются межсортовая, межвидовая, географически отдаленная и сложная ступенчатая гибридизация, конвергентные скрещивания с сопутствующими многократным индивидуальным и семейственным отборами. Из мировой коллекции ВИР привлекаются в скрещивания образцы, устойчивые к грибным болезням и имеющие высокие хлебопекарные качества.

С середины 60-х годов начались работы по селекции сортов интенсивного типа для условий богары и орошения. Ставилась задача – поднять потенциальную продуктивность новых селекционных сортов до 50 ц/га и выше. Этого требовали новые запросы сельскохозяйственного производства, его курс на интенсификацию.

Сорт Кинельская 30 (Resque / Regent, Канада // Саратовская 33) разновидности лютесценс, передан в ГСИ в 1969 г., районирован в Куйбышевской области в 1974 г. для возделывания на орошении (авторы Н. И. Глуховцева, В. Ф. Иванников). Это первый сорт института, полученный с привлечением иностранных образцов. Сорт отличался высокой устойчивостью к полеганию, максимальная урожайность составила 44 ц/га. Зерно бочонкообразное, крупное: масса 1000 зерен равна 36-42 г. Высокая натура зерна (более 800 г/л) унаследована им от сорта Regent (Канада), а повышенная озерненность колоса – от комбинации Resque × Regent. Пшеница сильная, высокое качество и продуктивность ее определяются родительской формой – сортом Саратовская 33.

Однако производству требовался высокопродуктивный, короткостебельный сорт яровой пшеницы, отзывчивый на полив и внесение удобрений.

Сорт Кутулукская (к-54213) получен индивидуальным отбором из скрещивания (Саратовская 29 // F_4 Lee / UnRRA). Родословная сорта, составленная с.н.с ВИР М. И. Руденко, включает более 40 сортов. Это первый в Поволжье сорт интенсивного типа с потенциальной продуктивностью 65 ц/га, неполегающий, устойчивый к болезням, сильный по качеству зерна (авторы Н. И. Глуховцева, В. В. Глуховцев). В 1976 г. он передан в ГСИ, а в 1979 г. районирован в Куйбышевской области для богары и орошения, в последующие годы он был принят к производству в шести областях РСФСР и в Казахстане.

Сорт хорошо озернен – до 60 зерен в колосе, имеет широкие длинные листья интенсивной темно-зеленой окраски; толстую и прочную укороченную соломину интенсивно-желтого цвета, длиной 70-100 см. Сорт способен к повышенному продуктивному кущению. Грубые кожистые колосковые и цветковые чешуи способствуют высокой засухо- и жароустойчивости растения, при этом зерно не осыпается при перестое, длительно не прорастает в валках и на корню при дождливой погоде.

Сорт Кутулукская относится к среднеспелым. Продолжительная фотосинтетическая активность листьев, стебля и колоса способствует эффективному использованию более

поздних осадков. При засухе мощная корневая система, хорошо развитые придаточные корни способны усваивать очень незначительные осадки с поверхностного слоя почвы и с большой глубины (1,5-1,8 м).

Сорт устойчив к корневым гнилям, иммунен к пыльной и твердой головне. При районировании практически не поражался бурой ржавчиной и мучнистой росой. В настоящее время поражается этими грибными болезнями в средней и сильной степени. Зерно удлиненно-овальное, темно-красное, стекловидное, крупное (масса 1000 зерен – 45-55 г). Сила муки этого сорта достигает 500 е.а., объем хлеба из 100 г муки – 500-600 мл.

Вовлечение в селекционный процесс многообразных форм пшеницы из мировой коллекции привело к резкой интенсификации селекции: возросли объемы гибридных и селекционных питомников, вместо 6-8 сортов в конкурсном испытании стали испытываться десятки новых сортов яровой пшеницы, в селекционном материале появились разнообразные по морфологии и приспособительным механизмам биотипы и экотипы растений. Через формообразовательный процесс путем гибридизации и отборов удалось обогатить местные формы рядом ценных хозяйственно-биологических признаков и свойств [1].

С 1986 по 1997 гг. проводится поиск нового исходного материала для селекции. Кроме простых и ступенчатых схем скрещиваний широко используются беккроссы, конвергентные скрещивания. В гибридизацию вовлекаются, наряду с новыми образцами коллекции ВИР, созданные в ВИЗР (Михайловой Л. И.) на основе сортов Кинельская 89, Кинельская 97, Саратовская 29 изогенные линии по генам устойчивости к бурой ржавчине *Lr 9*, *Lr 19*, *Lr 23*, *Lr 24*, а также виды *Triticum dicoccum*, *T. timopheevii*, *T. zhukovskyi* и др. Проводился поиск и изучение новых источников и доноров устойчивости к бурой ржавчине, мучнистой росе, корневым гнилям, высокого качества зерна, скороспелости. Селекционные сорта оцениваются также по устойчивости к внутристебельным вредителям – шведской и пшеничной мухам, хлебной блохе, хлебному пилильщику.

На Кинельской селекционной станции в 1982-1985 гг. проводились опыты по оценке комбинационной способности сортов Эритроспермум 841, Саратовская 29, Кутулукская, Лютесценс 62, а также их донорских качеств. Установлено, что сорта Эритроспермум 841 и Саратовская 29 являются источниками генов, повышающих отзывчивость гибридов на орошение. Сорт Кутулукская – донор высокой продуктивности, Nadadores (Мексика) – донор многозерности колоса, Лютесценс 62 – донор засухоустойчивости [2].

В селекции на комплекс признаков в Среднем Поволжье существуют объективные проблемы сочетания в сортах яровой пшеницы устойчивости к патогенам, высокого потенциала продуктивности, засухоустойчивости и высокого качества зерна. Они обусловлены контрастностью и высокой изменчивостью условий. Формирование и поддержание признаковых коллекций позволяет вести комбинированную селекцию. Ежегодно в последние годы поддерживаются и пополняются 12-14 признаковых коллекций, состоящих из сортов и линий местного и инорайонного происхождения, устойчивых к бурой ржавчине, мучнистой росе, корневым гилям, скрытостебельным вредителям, с высокими значениями элементов продуктивности, показателей качества зерна, устойчивостью к засухам разных типов, различной длиной вегетационного периода, устойчивостью к полеганию и различной высотой растений.

Концепция признака достаточно эффективно работает в селекции на вертикальную устойчивость к патогенам, высокое качество зерен, элементы продуктивности растения, повышающие урожайность пшеницы. Однако она малоэффективна в селекции на высокую адаптивность сортов, требующую оптимального сочетания в них механизмов устойчивости к неблагоприятным факторам и отзывчивости на благоприятные. В адаптивной селекции требуются доноры с высокими адаптивными реакциями по качеству зерна, продуктивности растения и агроценоза как на погодные, так и агротехнические факторы. Сочетание в сорте вертикальной и полевой устойчивости к патогенам достигается привлечением в схемы скрещиваний и контроля потомства доноров с актуальными генами и совокупностью комплементарных полигенов. Последние доноры создаются учреждением за многие годы

работы. Подобным донором устойчивости к бурой ржавчине в Средневолжском регионе являлся в конце XX века сорт Кинельская 60. Он высокоадаптирован к весенней засухе и отзывчив на летние осадки. Это определяет его высокий адаптивный потенциал и ареал возделывания в лесостепной зоне с достаточным увлажнением.

Разработанный в Поволжском НИИСС показатель, оценивающий меру адаптивности сортов, позволяет выделять источники высокой адаптивности. Привлечение их в специальные скрещивания дает возможность оценки донорских качеств родительских форм по интегрированному показателю адаптивности. Источниками широкой адаптивности к засушливым и благоприятным по увлажнению условиям среды являются сорта яровой мягкой пшеницы Кинельская 60, Кинельская 61 нашего института. К источникам специфической адаптивности к засухе различных типов относятся сорта Лютесценс 3493, Лютесценс 3745, Эритроспермум 3907 Поволжского НИИСС, а к благоприятным условиям – Кинельская лесостепная (Эритроспермум 3013), Лютесценс 3755, Лютесценс 3391, Лютесценс 3924.

Проблемы создания и использования доноров взаимосвязаны. Изучение донорских качеств образцов (комбинационной и сортообразующей способности) требует специальных скрещиваний и математического аппарата. Объективность информации обеспечивается только в многолетних опытах в типичные для региона годы. В стадии разработки находятся оценки донорских качеств по интегрирующим показателям устойчивости к стрессам, по качеству зерна, продуктивности агроценоза, меры адаптивности сортов. Проблематично поддерживать доноры с генами вертикальной устойчивости к грибным патогенам, поскольку они эффективны в условиях региона не более 5 лет и требуется периодическое обновление коллекции. Коммерциализация селекционной работы преградила путь к оперативному обмену эффективными донорами. Создание новых доноров под силу только специальным хорошо оснащенным лабораториям, освоившим методики межвидовых и межродовых скрещиваний.

Приходит время востребованности сортов для интенсивного земледелия: короткостебельных, не полегающих, с высокой аттрагирующей способностью колоса, потенциалом продуктивности яровой пшеницы 6-8 т/га. Для богарных условий актуальны сорта полуинтенсивного типа, с высокой засухоустойчивостью и продуктивностью до 5,0 т/га в благоприятные годы. Как показали исследования в Поволжском НИИСС, вероятность получения форм пшеницы интенсивного и полуинтенсивного типов возрастает при скрещивании сортов подобных типов.

За последние 15 лет в Поволжском НИИСС созданы и внесены в реестр селекционных достижений сорта яровой мягкой пшеницы Кинельская 59 (1995), Кинельская 60 (1998), Кинельская 61 (2005), Кинельская нива (2007), Кинельская отрада (2008). В госиспытании находятся Кинельская краса (2007), Золотица (2008).

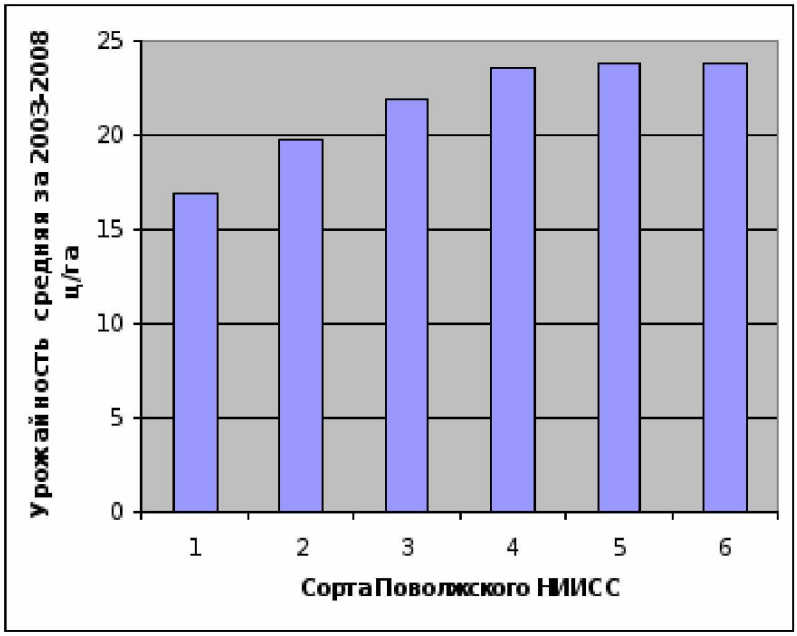
Сорт Кинельская 59 полуинтенсивного типа получен путем сложной ступенчатой гибридизации и отбора из гибридной популяции (Саратовская 35 / Lee // Мироновская 808), разновидность эритроспермум. В ГСИ находился до 1994 г. Сорт среднеспелый, высокозасухоустойчивый, практически устойчив к мучнистой росе, толерантен к бурой ржавчине (поражение в годы эпифитотий не более 20-25% при типе иммунности 2-3). Сорт имеет выполненное крупное зерно и высокую натуру. Содержание белка за 1986-1990 гг. в среднем составило 15,9%, сырой клейковины в муке – 40,4%, сила муки 180-426 е.а. Этот сорт характеризуется по качеству муки как филлер с удовлетворительно-крепкой клейковиной, предназначен для хлебопечения и изготовления кондитерских изделий. На высоком агрофоне сорт дает клейковину высокого качества (I-II группа качества, сила муки до 426 е.а.). В 2008 г. его площадь в производстве составила около 125000 га.

Сорт Кинельская 60 получен отбором из скрещивания (Кинельская 40 / Nadadores, Мексика). Сорт лесостепного экотипа, комплексно устойчив к бурой ржавчине, мучнистой росе, твердой головне, среднеспелый, крупнозерный. По технологическим показателям отвечает требованиям ценных пшениц. Сорт Кинельская 60 отзывчив на условия

достаточного увлажнения. Его засухоустойчивость обеспечивается весной за счет замедленного развития надземной массы растения и хорошего укоренения. В период «колошение – созревание» налив зерна идет интенсивно. Сорт возделывается в лесостепной зоне на площади около 20 тыс. га.

Потенциал нового сорта Кинельская нива составил в Татарстане 48,4 ц/га, в Липецкой области – 65,7 ц/га. Сорт внесен в реестр по 7, 9 регионам России. Авторы сорта Головоченко А. П., Кукушкина Л. А., Михальченко Л. М., Кинчаров А. И. и др. Сорт является ценным по качеству зерна, способен давать зерно 1 класса. Сорт характеризуется полигенной защитой от бурой ржавчины, обеспеченной пирамидой идентифицированных генов *Lr* 10, 13, 19, 23 от источников Л503, Тулайковская 1, Ершовская 32, Куйбышевская 1, PV –18.

Сорт Кинельская отрада близок по урожайности к сорту Кинельская нива, однако превосходит его по стабильности высокого качества зерна, соответствующего требованиям сильных пшениц. Сорт перспективен, его оригинальные семена будут предложены Поволжским НИИСС к размножению элитхозами в 2010 г.



Урожайность сортов яровой мягкой пшеницы селекции Поволжского НИИСС имени П. Н. Константинова в среднем за период 2003-2008 гг. 1 – Кинельская 61; 2 – Кинельская 60; 3 – Золотица; 4 – Кинельская нива; 5 – Кинельская отрада; 6 – Кинельская краса.

На рисунке представлена диаграмма урожайности сортов института, созданных в начале XXI века. Она показывает, что средний уровень продуктивности новых сортов яровой пшеницы достиг величины 23,8 ц/га и превысил среднюю урожайность сорта Кинельская 59 на 3,2 ц/га.

Заключение

Использование коллекции ВИР по яровой пшенице, несомненно, подняло на новый высокий уровень продуктивность селекционной работы. Если за период 1929-1960 гг. переданы в ГСИ восемь сортов яровой пшеницы и районированы три, то за 1961-1997 гг. создано более двух десятков сортов, три сорта районированы и заняли большие площади посевов. За период 2000-2008 гг. создано 5 сортов и районировано 3 сорта.

Основой исходного материала, как и прежде, являются местные сорта. Новые сорта и образцы пшеницы из мировой коллекции ВИР, использованные в селекционной работе более 50 лет, дали в институте реальный эффект в комплексном повышении урожайности и качества зерна.

Литература

1. *Глуховцева Н.И.* Селекция яровой пшеницы в Среднем Поволжье. Дис. на соиск. уч. ст. д. с.-х. н. Кинель. 1982. 209 с.
2. *Головоченко А.П.* Особенности адаптивной селекции яровой мягкой пшеницы в лесостепной зоне Среднего Поволжья. Кинель. 2001. 380 с.
3. Родословная тетрадь скрещиваний по яровой пшенице за 1929-2008 гг. Поволжский НИИСС.
4. *Субботина А.Е.* Селекция яровых пшениц / Сб. науч. тр. Кинельской селекционной станции. Куйбышевское краевое изд-во. 1935. Вып. 1. С. 74-89.
5. Тетради фенологии по селекционным питомникам отдела селекции и семеноводства яровой пшеницы за 1970-2008 гг. Поволжского НИИСС.

ОЦЕНКА СОРТОВЫХ РЕАКЦИЙ ЯРОВОЙ ПШЕНИЦЫ ПО КАЧЕСТВУ ЗЕРНА НА УСЛОВИЯ ВНЕШНЕЙ СРЕДЫ В ЛЕСОСТЕПИ СРЕДНЕГО ПОВОЛЖЬЯ

А. П. Головоченко, В. В. Глуховцев, Н. А. Головоченко

ГНУ Поволжский научно-исследовательский институт селекции и семеноводства им. П. Н. Константинова, Кинель, Россия, e-mail: golovochenko@mail.ru

Резюме

Проведено исследование адаптации перспективных сортов яровой мягкой пшеницы (Кинельская нива, Кинельская отрада, Золотица) к условиям лесостепи Среднего Поволжья по нормируемым стандартом показателям качества зерна и хлебопекарным свойствам. Выявлены ведущие факторы внешней среды, определяющие изменчивость качества зерна. Получены сортовые регрессионные многофакторные зависимости содержания белка, клейковины в зерне, индекса деформации клейковины от факторов онтогенеза абиотического происхождения. Модели сортов по качественным показателям позволяют улучшить селекцию и стабилизировать сбор продовольственного зерна яровой хлебопекарной пшеницы в 7-м регионе РФ путем оптимального подбора сортов для возделывания в различных по абиотическим условиям агрозонах.

ESTIMATION OF SPRING WHEAT VARIETIES REACTION ON GRAIN QUALITY UNDER ENVIRONMENTAL CONDITIONS IN FOREST STEPPE OF THE MIDDLE VOLGA REGION

A. P. Golovochenko, V. V. Glukhovtsev, N. A. Golovochenko

Povolzhsky Research Institute of Selection and Seed-growing named after P. N. Konstantinov, Kinel, Russia, e-mail: golovochenko@mail.ru

Abstract

The research of adaptation of the perspective soft spring wheat varieties (Kinelskaya niva, Kinelskaya otrada, Zolotitsa) to conditions of forest steppe of the Middle Volga fixed standard value of grain quality and baking properties has been performed. Leading factors of environment were found which determine variability of quality of grain. Sortal regres multifactors relationship of protein and gluten content in grain, gluten deformation index from ontogenesis factors of abiotic genesis are received. The varieties model by index quality make it possible to improve breeding and stabilize cropping food grain of spring baking wheat in 7th region of the RF using optimal select varieties for cultivate in different abiotic conditions in agrarian zones.

Введение

Требование к стабильности производства зерна пшеницы продовольственного использования в условиях Среднего Поволжья является ведущим условием проводимой в регионе адаптивной селекции яровой мягкой пшеницы.

Концепция комплексной селекции культуры основывается на оценке сопряженного

воздействия на растения комплекса факторов абиотической и биотической природы и отборе наиболее приспособленных растений, формирующих в широком спектре величин факторов зерно высокого качества при максимальной продуктивности.

Успех селекции зависит от развития методов оценки реакции селекционного материала на условия внешней среды. Изучение изменчивости реакций сортов позволяет вести отбор на сочетание устойчивости яровой пшеницы к стрессовым и отзывчивости к благоприятным уровням факторов природного и технологического происхождения.

Актуальным направлением исследований служит количественная оценка влияния условий внешней среды на величину и изменчивость урожайности, показателей качества зерна яровой хлебопекарной пшеницы.

Цель исследований

Цель исследований заключалась в изучении влияния факторов внешней среды на величину и изменчивость урожайности, показателей качества зерна современных сортов яровой мягкой пшеницы для их дифференциации по хозяйственно-биологической ценности и приспособленности к условиям лесостепи Средневолжского региона. В настоящей работе делается акцент на исследование адаптации сортов яровой пшеницы к условиям внешней среды по качеству зерна.

Методика и условия проведения исследований

В течение 2003–2008 гг. проведены полевые и лабораторные опыты на перспективных сортах яровой мягкой пшеницы селекции Поволжского НИИСС с привлечением данных 1997, 1998 гг., взятых для сравнения как эталоны благоприятного и засушливого годов.

Из множества абиотических факторов учитывали количество осадков и сумму среднесуточных температур воздуха, приходящихся на вегетативный и репродуктивный периоды вегетации, продуктивную влагу в метровом слое почвы. Эти факторы играют существенную роль в развитии растений яровой пшеницы в регионе.

Из биотических факторов в исследовании учитывались болезни и вредители, которые наносят яровой пшенице в регионе наибольший ущерб по урожаю и качеству зерна: корневые гнили, бурую ржавчину, мучнистую росу, внутристебельные вредители – хлебная блоха, шведская, яровая, гессенская мухи, клоп вредная черепашка. При фитопатологической оценке использовались общепринятые шкалы и методики (Попкова К. В., Качалова З. П., 1984; Гешеле Э. Э., 1978; Шапиро И. Д. и др., 1989).

Факторы абиотического и биотического происхождения были интегрированы в соответствующие индексы по методике А. П. Головоченко, Н. А. Головоченко (2008 г.).

Технологические факторы были представлены:

– спектром доз минеральных удобрений, вносимых под культивацию перед посевом (кг д.в. на 1 га): $N_{16}P_{16}K_{16}$, $N_{32}P_{32}K_{32}$, $N_{64}P_{64}K_{64}$ (азофоска), $N_{60}P_{60}K_{40}$, $N_{120}P_{100}K_{60}$ (смесь аммиачной селитры, аммофоса и хлористого калия), $N_{57}P_{49}$ (смесь аммофоса и аммиачной селитры);

– нормами высева: 4,0; 5,0; 6,0 млн всхожих семян на 1 га;

– сортами яровой мягкой пшеницы: Прохоровка (стандарт, в реестре селекционных достижений, допущенных к использованию в РФ, с 1997 г.), Кутулукская (1979), Кинельская 60 (1998), Тулайковская 5 (2001), Кинельская 61 (2005), Кинельская нива (2007), Кинельская отрада (2008), Кинельская краса, Золотица (в Госиспытании 2008, 2009 гг.), Эритроспермум 5032/1, Альбидум 4412.

Потенциальная урожайность зерна яровой мягкой пшеницы, обеспеченная запасами влаги в почве и осадками за вегетацию растений, составила за годы исследований величину в интервале 2,50–4,66 т/га.

Действительно возможная урожайность яровой пшеницы, обусловленная эффективным плодородием почвы опытного участка, составила по азоту 1,71 т/га, фосфору 4,14 т/га, калию 3,41 т/га.

Различия лет в наибольшей степени проявились по сумме осадков. В период всходы –

колошение (ПВК) интервал осадков по годам составил 118,3–13.7=104,6 мм, или 88,4% от максимума, а в период колошение – восковая спелость зерна (ПКВС) 154,1–30.8=123,3 мм, или 80,0%, соответственно за вегетацию 231,7–56,7=175,0 мм, или 75,5%.

По сумме среднесуточных температур воздуха годы исследований различались в существенно меньшей степени: в ПВК не более чем на 10,5%, в ПКВС – на 19,3%, за вегетацию – на 9,1%.

Гидротермические коэффициенты (ГТК) за вегетацию яровой пшеницы в 5 из 6 лет исследований были близки к единице: 0,97–1,34 мм 10°С. Это свидетельствует о повышенном количестве осадков, выпавших в эти годы. В 2005 г. ГТК (0,44) был близок к ГТК экстремального 1998 г. (0,32).

По биотической нагрузке 2003, 2007, 2008 гг. приближались к эталону – высокоурожайному 1997 г. В 2004, 2006, 2005 гг. биотическая компонента условий внешней среды превышала эталонную в 1,3–2,5 раза.

Результаты исследований

Модификационная изменчивость показателей качества зерна. Разнообразные условия полевых опытов позволили оценить широкий спектр реакций сортов яровой пшеницы на воздействие внешней среды по урожайности и качеству зерна, представленному нормируемыми ГОСТ Р 52553–2006 технологическими и информационно-емкими хлебопекарными показателями, важными для селекции.

Величина модификационной изменчивости показателей качества зерна характеризует степень реакции сортов на изменение условий вегетации. Она включала в опыте компоненты вариации, обусловленные различиями вариантов по величине регулируемых факторов в течение онтогенеза (одного года), и различиями погодных, биотических условий лет исследований.

По уровню модификационной изменчивости за период лет показатели качества зерна разделились на две группы:

1) низко- и средневарьирующие (коэффициент вариации $\leq$ 20%) – содержание в зерне белка, клейковины, индекс деформации клейковины, общая хлебопекарная оценка;

2) сильноварьирующие (коэффициент вариации > 20%) – сила муки, время замеса и устойчивости теста до разжижения.

Низкая модификационная изменчивость показателей качества зерна ($\leq$ 10%) является свидетельством слабой реакции сортов на изменение условий вегетации, и, следовательно, говорит об узком интервале управления их величиной технологическими агроприемами. В опыте отмечены сортовые различия в изменчивости показателей качества зерна.

Внешняя среда в наибольшей степени изменяла содержание клейковины в зерне у сорта Золотица (17,6%), качество клейковины у сортов Кинельская отрада (21,2%), Тулайковская 5 (19,6%), Кинельская нива (15,5%).

Высокая изменчивость силы муки, времени замеса и устойчивости теста до разжижения с небольшими различиями у всех сортов, говорит о сильном влиянии среды на проявление хлебопекарных свойств генотипов яровой пшеницы, открытой возможности технологического поиска оптимальных условий для улучшения этих показателей особенно у Кинельской 60, Прохоровки, Кинельской 61, Кинельской нивы, Тулайковской 5.

Средовая изменчивость качественных показателей у сортов по вариантам доз удобрений и норм высева в опыте одного года исследований была существенно ниже, чем изменчивость их за период лет. Так, в 2006 г. по содержанию белка и клейковины, ее качеству возможности агроприемов ограничивались 3–6% вариации их величин, по времени замеса и устойчивости теста до разжижения – 7–10%, по ОХО – 16–18%, по силе муки – 14–27%.

Отмечены сортовые различия по норме реакции генотипов на удобрения и плотность посева по качеству зерна. Минеральные удобрения однозначно играли ведущую роль в формировании качества зерна в сравнении с нормами высева. Они определяли 68–96% средовой изменчивости содержания в зерне белка, клейковины, величины общей хлебопекарной оценки, 13–32% – индекса деформации клейковины, 16–66% – силы муки. По

некоторым показателям отмечались нетипичные низкие доли влияния удобрений на качество зерна.

Нормы высева слабо воздействовали на формирование качества зерна и определяли до 20% изменчивости его показателей. Особо следует отметить факт повышения качества клейковины зерна в разреженных посевах яровой пшеницы. По качеству клейковины влияние норм высева было сравнимо с влиянием удобрений: 21–54% средовой изменчивости.

На модификационную изменчивость содержания клейковины в зерне, ее качество, силу муки, время замеса и устойчивости теста до разжижения сильное влияние оказывали случайные, неучтенные опытом факторы: 18–83%. Они нивелировали (снижали) влияние агротехнических приемов на качество зерна.

Связь показателей качества зерна яровой пшеницы с условиями внешней среды. Содержание белка в зерне яровой пшеницы на слабом уровне негативно коррелировало с урожайностью (r = -0,28). Выпадение осадков в период всходы – колошение вело к снижению белка в зерне (r = -0,31). Аналогичная связь отмечалась с ГТК в этот период (r = -0,36). Увеличению белка в зерне способствовало возрастание суммы температур за вегетацию (r = +0,55) и запасов влаги в почве (r = +0,28).

Повышенное содержание белка в зерне вызывало у сортов снижение силы муки (r = -0,71). Величина других хлебопекарных показателей не зависела от колебаний содержания белка в зерне.

Повышенный температурный фон был благоприятен для роста содержания клейковины в зерне в период колошение – восковая спелость зерна (r = +0,27), так же как и выпадение осадков в этот период (r = +0,30).

Положительную роль для формирования клейковины в зерне яровой пшеницы играли в опыте минеральные удобрения (r = +0,27) и весенние запасы влаги в почве (r = +0,37). Негативное влияние на клейковину оказывал фактор болезней и вредителей (r = -0,38). Повышенная урожайность сочеталась у сортов с повышенным содержанием в зерне клейковины (r = + 0,31).

Количество клейковины в слабой степени влияло на хлебопекарные свойства муки. При росте содержания клейковины в зерне улучшалась общая хлебопекарная оценка (r = +0,23).

Индекс деформации клейковины был положительно связан с осадками во второй половине вегетации при созревании зерна (r = +0,44) и повышением величины гидротермического коэффициента (ГТК) (r = +0,47). Следовательно, фактор увлажнения в период колошение – восковая спелость у большинства сортов вызывал рост ИДК и снижение качества клейковины. Противоположное действие оказывали повышение температурного фона и инсоляции в генеративный период развития растений: соответственно r = -0,24 и r = -0,36. Влияние на качество клейковины других факторов было незначительным. Более урожайные сорта имели, в среднем, более низкое качество клейковины (r = +0,25). Увеличение доз удобрений при посеве повышало индекс деформации клейковины (r = +0,20).

Наиболее значимым оказалось влияние качества клейковины на хлебопекарные свойства муки. Их связь с индексом деформации клейковины (ИДК) была отрицательной на слабом – среднем уровне: от r = -0,35 до r = -0,56. Увеличение индекса характеризует снижение качества клейковины. Поэтому отрицательная связь хлебопекарных показателей с ИДК обеспечивала в опыте их улучшение, с повышением качества клейковины.

Таким образом, из трех нормируемых стандартом показателей качества зерна только индекс деформации клейковины имел положительное влияние на хлебопекарные свойства муки. Следовательно, стабилизация его на уровне I–II групп качества клейковины ведет к стабилизации повышенных значений показателей хлебопекарных свойств муки.

В данном исследовании удалось количественно определить влияние на качество клейковины яровой пшеницы ведущих погодных факторов Среднего Поволжья – температуры воздуха и осадков. Они играют важную роль при формировании качества клейковины в период созревания зерна.

Индекс деформации клейковины (y) связан с этими факторами статистически адекватным параболическим уравнением регрессии:

$y = -491{,}9107 + 1{,}2764 \cdot X_1 + 0{,}8466 \cdot X_2 - 0{,}00072 \cdot X_1^2 - 0{,}00056 \cdot X_1 \cdot X_2 - 0{,}00089\ X_2^2$,

где: y – индекс деформации клейковины, y {57; 120} ед. ИДК;

X_1 – сумма среднесуточных температур воздуха за период «колошение – восковая спелость зерна», (ПКВС), X_1 {735,2; 972,0}°С;

X_2 – сумма осадков за ПКВС, X_2 {28,5; 155,9} мм.

Для получения уравнения регрессии взяли выборку объемом n = 101 точка измерений по всем сортам опыта. Множественное корреляционное отношение индекса с факторами составило величину 0,522, а коэффициент множественной детерминации 27,24%. Эмпирический критерий Фишера $F_{эмп} = 7{,}114 > F_{кр}$ (1%) = 1,765.

На рис. 1 показано изменение индекса деформации от изменения суммы среднесуточных температур воздуха за ПКВС при различных фиксированных значениях суммы осадков за этот период в диапазоне минимума–максимума (28,5–155,9 мм).

Величина осадков задает уровень качества клейковины. При минимуме 30 мм осадков за ПКВС индекс деформации клейковины был самым низким по величине (70–83 ед. ИДК) в широком диапазоне суммы температур воздуха (740–970°С). Выпадение осадков не более 90 мм за период колошение – восковая спелость позволяет в условиях лесостепи получать зерно яровой мягкой пшеницы не ниже II группы качества с ИДК 70–98 ед. ИДК.

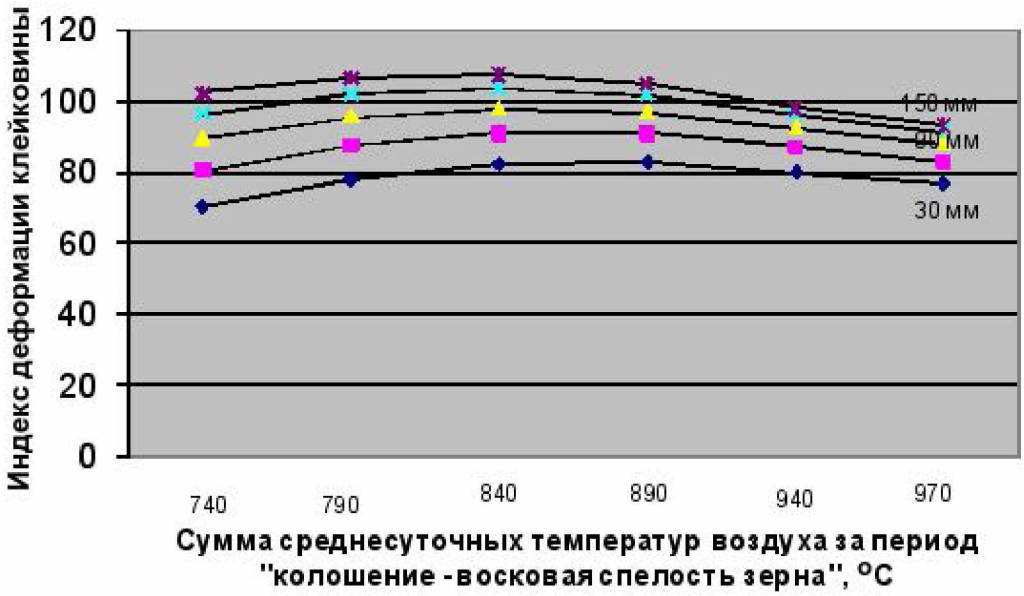


Рис. 1. Зависимость индекса деформации клейковины яровой мягкой пшеницы от суммы среднесуточных температур воздуха и осадков за период колошение – восковая спелость зерна (см. уравнение)

Переувлажнение периода созревания зерна (100–150 мм осадков) делает проблематичным сбор зерна продовольственного использования. Поскольку осадки ведут к снижению температуры воздуха, то сочетание повышенных температур (более 940°С) и осадков (более 100 мм), при которых сохраняются условия формирования II группы качества клейковины, представляет возможное, но редкое явление.

Важным для формирования качества клейковины является не столько соотношение, сколько величина осадков и температур при созревании зерна яровой пшеницы.

Сортовые особенности реакции яровой пшеницы по качеству зерна на условия внешней среды. Для анализа особенностей по качеству зерна были выбраны перспективные сорта яровой пшеницы, различающиеся хозяйственно-биологическими признаками: Кинельская нива, Кинельская отрада, Золотица селекции Поволжского НИИСС.

Для сравнения сортов по реакции качественных показателей на изменение условий

вегетации были получены множественные уравнения регрессии. Отмечено, что они различаются по составу ведущих факторов и в то же время определяют закономерные сходства по характеру изменений показателей качества зерна. Отбор факторов осуществлен по наибольшей силе влияния на определенный показатель и друг на друга.

Варьирование состава ведущих факторов среды, возделывающих на проявление величины показателей качества зерна, говорит о биологических различиях сортов по адаптации к условиям жизни. Чем больше взаимно влияющих друг на друга факторов определяют качество зерна пшеницы, тем менее зависим сорт от резких колебаний температуры или осадков во время вегетации, поскольку вторичные колебания других факторов вызовут сглаживание, буферизацию стресса.

У всех сортов индекс деформации клейковины был изменчив по величине при вариации температур воздуха и осадков в период созревания зерна. При пониженных температурах (780°С) у Кинельской отрады стабильно формировалась клейковина высокого качества (I группы) (рис. 2).

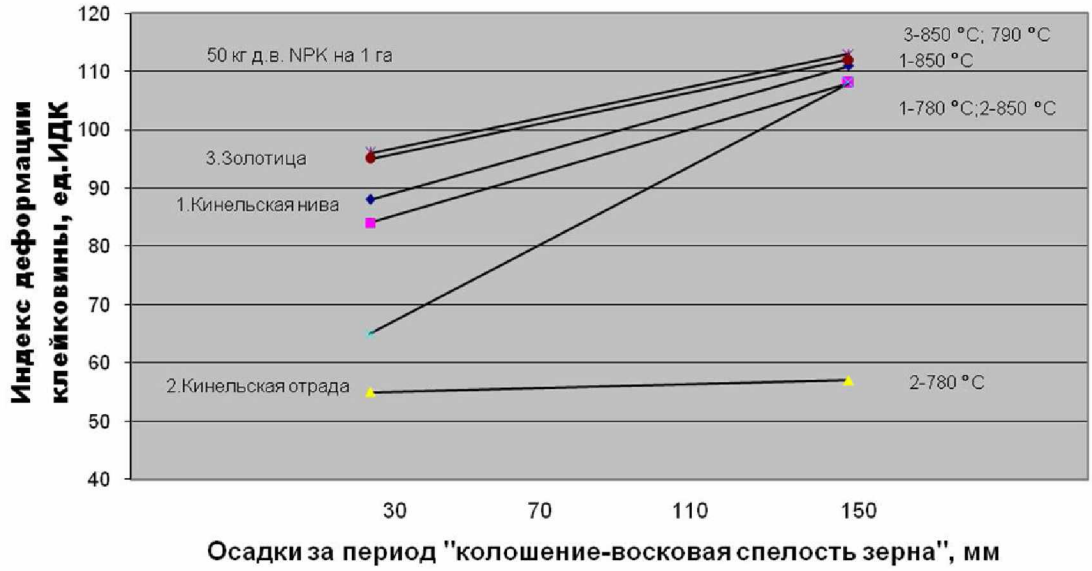


Рис. 2. Характер изменения индекса деформации клейковины перспективных сортов яровой мягкой пшеницы в зависимости от факторов внешней среды (справа указана сумма среднесуточных температур воздуха за период колошение – восковая спелость зерна)

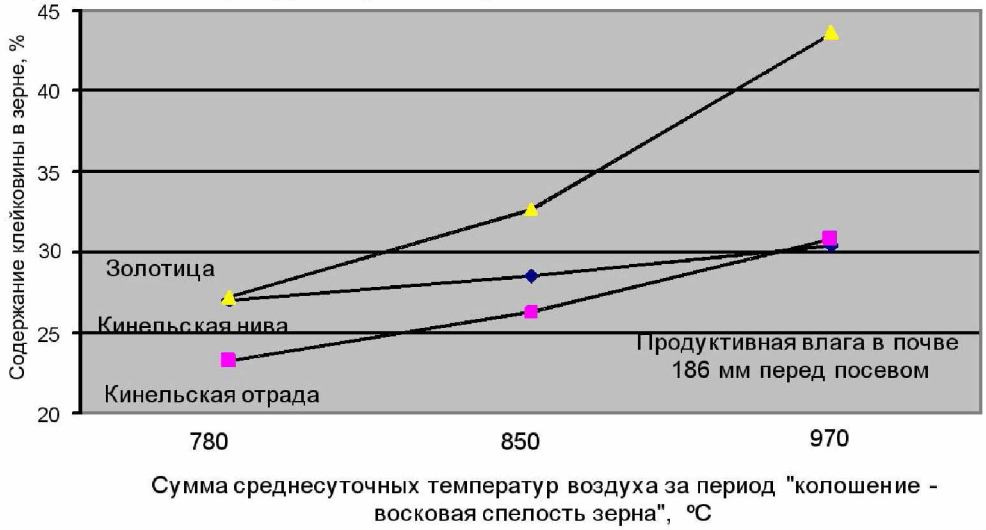


Рис. 3. Характер изменения содержания клейковины в зерне современных сортов яровой мягкой пшеницы в зависимости от факторов внешней среды при максимальном (В) запасе продуктивной влаги в метровом слое почвы перед посевом

С повышением температурного фона (790–850°С) и осадков (30–150 мм) качество клейковины снижалось у всех сортов. Только Кинельская отрада имела ИДК до 100 единиц в указанном диапазоне температур и осадков (30–130 мм). У Кинельской нивы диапазон осадков был уже и составлял 30–110 мм. ИДК сорта Золотица соответствовал II группе качества при более узком диапазоне условий по осадкам (30–70мм).

Рис. 3 демонстрирует высокую реакцию сорта Золотица по содержанию клейковины на перепад суммы среднесуточных температур воздуха во время созревания зерна: рост клейковины в диапазоне суммы температур ПКВС (790–917°С) достиг +11,8%. Это означает, что Золотица способна откликаться ростом клейковины в зерне до 44% при повышенном температурном фоне ее формирования. Сорта Кинельская нива и Кинельская отрада также откликаются на рост суммы температур воздуха в ПКВС с прибавками клейковины соответственно +3,4 и +7,6%.

Повышение содержания влаги в почве в диапазоне 140–186 мм ведет к увеличению клейковины у Кинельской нивы на +0,6%, Золотицы +4,5% и снижению ее у Кинельской отрады на -0,7%.

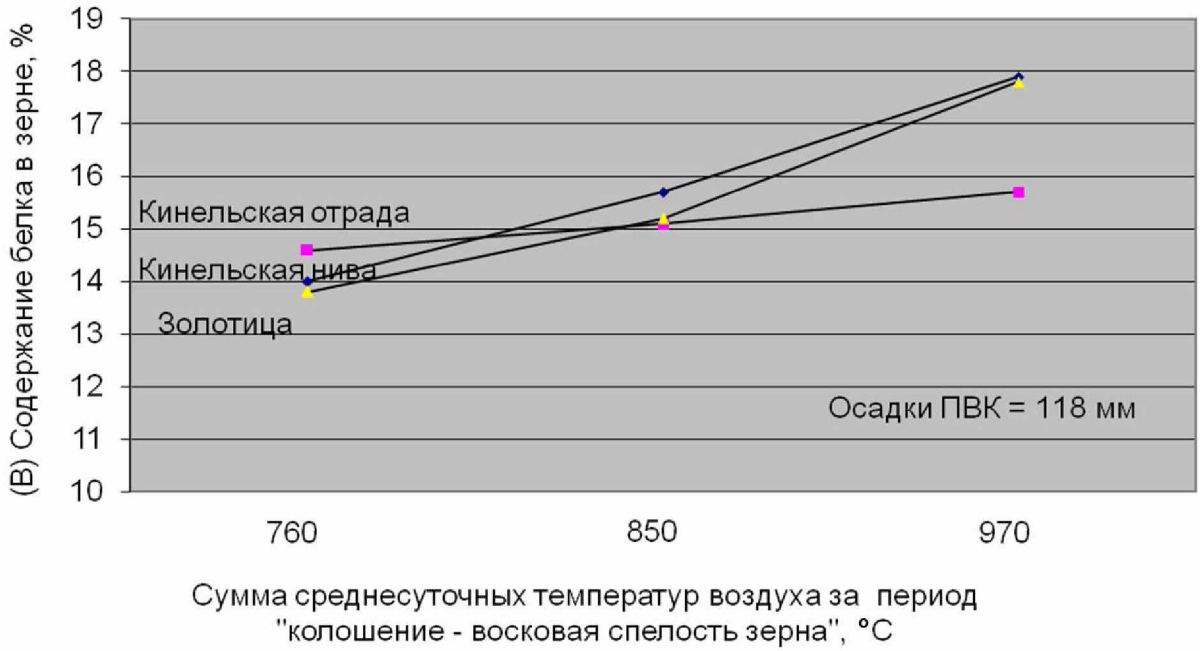


Рис. 4. Изменение содержания белка в зерне перспективных сортов яровой мягкой пшеницы в зависимости от суммы среднесуточных температур воздуха за период колошение – восковая спелость при максимальном (В) уровне осадков в период всходы – колошение (ПВК)

На рис. 4 наблюдается высокая реакция сортов Кинельская нива и Золотица в сравнении с Кинельской отрадой по содержанию белка в зерне: прирост на +3,9 и +4,0% от увеличения суммы температур воздуха с 760 до 970°С в период созревания зерна. У сорта Кинельская отрада прибавка белка в зерне при этом составила 1,0%. Этот факт говорит о меньшей «чувствительности» сорта Кинельская отрада к перепаду температур воздуха в этот период и способности формировать высокое количество белка (14,6–15,7%) вне зависимости от колебаний поступления тепла в период созревания зерна.

Выпадение повышенного количества осадков (до 118 мм) в период колошение – восковая спелость зерна приводило к уменьшению белка в зерне на 1,5% у Золотицы, на 0,3% у Кинельской отрады, а у сорта Кинельская нива – к приросту величины белка на 1,5% в сравнении с вариантом минимальных осадков (50 мм) в опыте. Сорт Золотица стабильно формировал повышенное количество белка в зерне (15,3–19,3%), превосходя Кинельскую отраду (14,6–16,0%) и Кинельскую ниву (12,8–16,7%), особенно при засушливых условиях созревания зерна.

Таким образом, знание сортовых реакций дает возможность повысить стабилизацию производства продовольственного зерна яровой пшеницы путем подбора сортов для районов возделывания на основе компьютерного моделирования их показателей по продуктивности и качеству зерна в условиях типичных для территорий сочетаний ведущих факторов абиотического и биотического происхождения.

СЕЛЕКЦИОННО-ГЕНЕТИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ СОЗДАНИЯ ВЫСОКОАДАПТИВНЫХ СОРТОВ ПШЕНИЦЫ И ТРИТИКАЛЕ В УСЛОВИЯХ МЕНЯЮЩЕГОСЯ КЛИМАТА

А. И. Грабовец, М. А. Фоменко, А. В. Крохмаль, В. П. Кадушкина
Россия, Донской зональный НИИСХ, e-mail: grabovets_ai@mail.ru.

Резюме

Меняющийся на Дону климат обусловливает усиление вариабельности абиотических и биотических лимитирующих факторов окружающей среды. В этих условиях при селекции пшеницы и тритикале особую значимость приобретает степень гетерогенности создаваемых популяций. Рекомбинационный процесс у них должен быть продолжительным по времени и проходить под давлением факторов среды, определяющих урожай зерна, при выявлении и использовании хозяйственно-ценных трансгрессивных рекомбинантов. При этом важно путем мутагенеза (или иным способом) нарушить сложившийся в филогенезе характер канализированности взаимодействия генов. Тритикале является значимой средообразующей культурой в этой ситуации. Создано более 40 высокоадаптивных сортов пшеницы и тритикале, включенных в Госреестры России и Украины.

BREEDING-GENETIC FEATURES OF CREATION HIGH ADAPTIVE CULTIVARS OF WHEAT AND TRITICALE IN CONDITIONS OF A VARYING CLIMATE

A. I. Grabovets, M. A. Fomenko, A. V. Krohmal, V. P. Kadushkina
Russia, Don zone Researh Institute of Agriculture, e-mail: grabovets_ai@mail.ru

Abstract

A varying climate on Don causes strengthening variability abiotics and biotics limiting factors of an environment. In these conditions at breeding wheat and triticale the special importance is got with a degree of heterogeneity of created populations, recombination process at which should be enduring and pass under pressure of factors of the environment defining a grain yield, revealing and use economic-valuable transgressive recombinants. On exposure important by mutagenesis (or a different way) to break developed in philogenesis character canalized interactions of genes. Triticale is significant environmental culture in this situation. It is created more than 40 high adaptive cultivars of wheat and triticale, included in State registries of Russia and Ukraine.

Климат на Дону меняется и довольно существенно. Каждый год отличается от другого заметной индивидуальностью. Общим для всех последних лет XXI века является увеличение амплитуды абсолютных значений лимитирующих факторов среды, причем с уклоном перемещения криогенных нагрузок с зимы на апрель и май в виде заморозков. Существенно повысились среднемесячные и сезонные температуры в сторону аридизации, удлинения периодов с острым дефицитом влаги во время летней вегетации колосовых культур на различных этапах органогенеза. Они могут уже составлять 90 и более дней (2007, 2009 гг.), что резко отрицательно сказывается на стабильности урожаев зерна и кормов.

Вследствие изменения климата произошли существенные подвижки в биотах фитопатогенов, насекомых, грызунов. По бурой ржавчине и другим видам этой болезни идет

смена доминирования рас (что негативно скажется на устойчивости сортов к ним!). Ржавчины в складывающейся обстановке теснят вирусы, септориоз (5 видов) и фузариоз (более десятка видов) в виде корневых гнилей. Итальянский прусс стал по вредоносности почти равен азиатской саранче, существенно повысилось негативное воздействие насекомых, в том числе вредной черепашки и др.

Все эти особенности нашли отражение в наших селекционных программах и методах. Помимо этого, наряду с пшеницей большое внимание уделяется и относительно новой культуре тритикале. В складывающихся погодно-климатических условиях она имеет ряд явных преимуществ в сравнении с пшеницей. Подавляющее число сортов озимого тритикале донской селекции устойчиво к холоду на всех этапах органогенеза, выдерживает на глубине залегания узла кущения более низкие температуры (чем пшеница), многие сорта генетически защищены от целого ряда болезней, в значительно меньшей степени повреждаются клопом вредной черепашкой, часто имеют более высокий уровень продуктивности, чем пшеница. Это относится также и к яровым формам тритикале. Поэтому развитие исследований по селекции тритикале реально будет способствовать оптимизации стабильности производства зерна и кормов.

Несмотря на тенденцию к потеплению, одной из главных задач продолжает оставаться создание сортов с высокой морозостойкостью (средний уровень за 1901 – 2008 гг. – –18° на узле кущения для пшеницы, –20 – 21° – для тритикале.). В условиях Северного Дона филогенетический потолок составляет 75–80% сохранившихся растений у наиболее зимостойких генотипов пшеницы и 82–90% у тритикале. Не менее значимая задача выведение среднеспелых новых генотипов с повышенной жаро-засухоустойчивостью на всех этапах органогенеза.

Основной метод создания исходного материала – внутри- и межвидовая гибридизация, а также химический мутагенез. В скрещиваниях используются родители, не только отдаленные в эколого-географическом отношении (интенсивно используются коллекции из ВИР), но и местные перспективные формы, характеризующиеся новыми сочетаниями коадаптированных комплексов генов. При их использовании можно получить плюстрансгрессии с таким же уровнем частоты и степени, как и при вовлечении в скрещивания генотипов, отдаленных в эколого-географическом отношении.

При этом особое внимание уделяется созданию популяций с высокой степенью гетерогенности, с длительной рекомбинацией. При выведении морозостойких сортов пшеницы и тритикале главным методом в нашей работе является использование плюстрансгрессий, выявляемых у популяций при скрещивании среднезимостойких сортов (или выше средних) между собой при условии прохождения рекомбинации в условиях давления лимитирующего признака – низкой температуры на глубине узла кущения (Грабовец А.И., 1983, 1996, 2001, 2004). По многолетним данным, частота положительных трансгрессий по морозо-зимостойкости варьировала в пределах 0,5–4,5%, степень – 3–27%. При этом неукоснительно выдерживали максимальную приближенность исходных родительских форм к модели сорта по другим наиболее важным признакам. По пшенице такого материала в питомниках насчитывается до 85%, по тритикале – примерно 40%.

При селекции на морозо-зимостойкость традиционно также привлекаем в качестве материнской форму, максимально устойчивую к высоким криогенным нагрузкам (на наш взгляд, пластидная ДНК при этом играет довольно заметную роль), в качестве отцовской – среднезимостойкий (или выше среднего по морозостойкости) компонент. При этом работа ведется с гибридами, наследовавшими морозо-зимостойкость матери. Для усиления этого признака важны также и насыщающие скрещивания. Таким образом было выведено примерно 10% сортов пшеницы нашей селекции и 50% – тритикале, внесенных в Госреестр.

XXI век выявил ряд новых задач, которые нужно было учитывать при селекции озимых культур. Мягкие зимы прошедшего пятилетия сопровождались частыми оттепелями. На посевах образовывались ледяные корки разной интенсивности по толщине и времени залегания. Можно предполагать, что в связи с потеплением климата эта тенденция в

последующие годы будет усиливаться.

Эти обстоятельства обусловили необходимость внесения ряда поправок в селекционную программу:

– требуется создание форм с более длительным периодом покоя при оттепелях в январе–феврале, которые не должны трогаться в рост или при таких условиях быстро восстанавливать закалку при последующих возвратах холодов;

– усиление устойчивости к низким температурам в марте и апреле, после начала возобновления весенней вегетации;

– создание новых генотипов, устойчивых к возвратным майским заморозкам при стеблевании пшеницы и тритикале, которые были бы способны выдерживать в воздухе в этот период до –10 – 12°С. Для яровых форм пшеницы и тритикале в этой ситуации важны генотипы с высокой степенью репараций после заморозков.

При селекции на устойчивость к болезням в основу положен принцип создания генотипов с высокой полевой резистентностью к максимально большему числу фитопатогенов; не меньшее значение придается и болезневыносливости генотипов. По озимой пшенице при участившейся смене доминирования рас в биотах довольно трудно создавать полностью генетически защищенные генотипы, как, например, это удается синтезировать по озимому тритикале. Здесь успехи по созданию сортов, резистентных к ржавчинам, мучнистой росе, бактериальным пятнистостям, вирусам, более значимые.

Селекция на жаро-засухоустойчивость базируется на отборе материала по комплексу следующих признаков (они перечислены по степени значимости, которая претворяется в нашей программе): 1) урожаю зерна с единицы площади, 2) величине уборочного индекса, 3) динамике по годам массы 1000 зерен, 3) выполненности зерна, 4) интенсивному росту и развитию на начальных этапах органогенеза. Поэтому при выделении более продуктивных генотипов с отличной выполненностью зерна автоматически отбираются и более жаро-засухоустойчивые формы. В условиях степной зоны Ростовской области для дальнейшего изучения также оставляются формы с высокой синхронностью выколашивания, продолжительной жизнедеятельностью флаг-листа, длинным верхним междоузлием. Колос среднерослых засухоустойчивых форм при созревании обычно бывает слегка изогнут. У короткостебельных форм реален засухоустойчивый генотип с вертикально расположенным колосом, но для данных форм обязательными должны быть длительная жизнедеятельность флаг-листа и высокий уборочный индекс. Все сорта селекции ДЗНИИСХ обладают высокой и хорошей жаро-засухоустойчивостью.

Большой объем исследований по яровой твердой пшенице и яровому тритикале выполняется с использованием химических мутагенов (1-4-бис-диазоацетилбутан и др.). Использование этого метода позволило создать принципиально новый морфобиотип твердой яровой пшеницы – сократить вегетационный период со 115 дней до 90 и параллельно за счет увеличения продуктивного кущения поднять потенциальную продуктивность. Использование последующей гибридизации выделившихся по комплексу признаков химических рекомбинантов с высокопродуктивными генотипами гибридного происхождения открывает новую перспективу по усилению адаптации и повышению потенциала урожаев у новых константных форм.

На основе вышеприведенной методологии были получены новые, часто трансгрессивные по своей природе, высокопродуктивные рекомбинанты пшеницы и тритикале (более четырех десятков), превысившие исходные формы по абиотическим факторам и приблизившиеся к филогенетическому потолку выраженности этого комплекса признаков на Северном Дону.

За 38 лет исследований по озимой пшенице в условиях Северного Дона не удалось выделить генотипы, которые бы превзошли филогенетический потолок (–18,5 – 19,5°). В настоящее время предпринимаются попытки перешагнуть через него путем скрещивания прямо или реципрокно гексаплоидных тритикале и пшеницы. Однако камнем преткновения становится не всегда хорошее качество зерна у новых генотипов (филлеры, или кормовые пшеницы). А вот по озимым тритикале удалось приблизиться к уровню зимостойкости ржи

(АД Тарасовский, ТИ 17, Каприз, Дон, Бард, Трибун, Легион и др.).

Начало решения выдвинутых выше задач, связанных с сохранностью озимых после длительных зимних оттепелей, уже было заложено ранее. Сорта пшеницы и тритикале тарасовской селекции не яровизируются за 35 – 40 дней при 2 – 3°, им требуется 50 – 60 дней. Поэтому яровизация у них не успевает завершиться к началу зимы. Дифференциация конуса нарастания у таких сортов осенью уже невозможна. Она начинается в конце марта при 12-14 часовом дне, температуре 12 – 15° и интенсивном освещении. Это важнейший адаптационный признак тарасовских пшениц и тритикале, позволяющий им сохраняться после продолжительных зимних оттепелей, с возобновлением вегетации, и последующих низких температурах.

Вторым важным фактором после морозов по губительности воздействия на озимые являются ледяные корки. Особенно опасны так называемые притертые. Гибель озимых хлебов под притертой ледяной коркой на Северном Дону наблюдали неоднократно и на больших площадях, особенно при залегании ее до 70 дней (1955/56, 1959/60, 1962/63, 1976/77, 1978/79, 1985/86, 1996/97 и 2002/03 гг.).

Было установлено, что характер доминирования устойчивости к ледяной корке (от положительного до отрицательного) зависит от генотипа родительских форм. В большинстве случаев гибриды уклонялись в сторону выше средних по устойчивости и высокоустойчивых генотипов. Основная часть выносливых линий, выделенных в контрольном питомнике, имела в своей родословной сорта с высокой устойчивостью к корке: Северодонская 12; Тарасовская остистая; Тарасовская 97; 540/01 (Тарасовская 29 / Белоцерковская 47// 6191-26, Болгария); 932/97 и др. (причем, если они были использованы в качестве материнских). Так были выделены новые сорта озимой пшеницы с высокой устойчивостью к этому негативному проявлению среды – Агра, Арфа, Авеста, Августа, Губернатор Дона и др., включенные в Госреестр. Сорта озимого тритикале, за редкими исключениями, все устойчивы к этому негативному фактору.

Анализ характера наследования устойчивости рекомбинантов к притертой ледяной корке свидетельствует о возможности ее повышения путем ступенчатых скрещиваний и постепенного аккумулирования соответствующих коадаптированных генов или их комплексов. Видимо, при сложных скрещиваниях в гибридный организм вносятся дополнительные дозы однозначно действующих генов.

Несколько иная закономерность наблюдается при проявлении морозов во время роста злаков. В мае 2000 г. температура воздуха (за декаду до начала колошения) понизилась до – 10° – 11° С. Такой она держалась в течение недели. В 2002 г. произошло повторное вторжение холодного фронта в этот период. На севере Ростовской области температура понизилась до –2 – 3°, на юге, вплоть до Краснодарского края – до 6 – 8° мороза. Ситуация там, в худшем варианте (на уровне Гулькевичей до –11°), повторилась в 2009 г. В северной и средней части Ростовской и смежных северных и восточных областях в 2009 г. озимые еще не вышли в трубку. И хотя здесь 23 апреля температура воздуха и на почве в утренние часы опускалась до –11 – 13° С, растения селекции Донского ЗНИИСХ от заморозка не пострадали.

Исследования показали, что взаимосвязи между морозостойкостью испытываемых сортов и их устойчивостью к майским заморозкам не было ($r = –0,2449$). Возвращаясь к теме устойчивости генотипов к притертой ледяной корке, можно заметить, что многие генотипы, устойчивые к майским заморозкам (2000 г.), также отличались высокой выносливостью к залеганию притертой ледяной корки (2003 г.).

При рекомбинации генов у популяций по устойчивости к поздневесенним заморозкам прослеживается четкое доминирование доноров, нейтрализующих данный фактор. Для иллюстрации приведем итоги перекомбинирования при гибридизации ряда сортов пшеницы с донором устойчивости к заморозку 1629/91 (Телец, Болгария / Донская интенсивная, Россия). Из популяций с его участием на фоне действия заморозка 2000 г. выделен целый ряд выносливых к этому стрессору рекомбинантов. Донор использовали чаще в качестве отца, хотя устойчивые к стрессору генотипы были получены и по комбинации мать 1629/91 / отец

Донская безостая. Это свидетельствует о значительном вкладе в формирование уровня выраженности этого признака геномов ядра. У большего числа гибридов признак донора (устойчивости) чаще всего наследуется по типу доминирования.

Частота появления рекомбинантов, устойчивых к майским заморозкам, повышается при насыщающих скрещиваниях. И особенно, если последнее скрещивание проводится с устойчивым сортом – донором. Иногда при скрещивании доноров устойчивости между собой проявляется депрессия выраженности признака.

В итоге после 2000 г. в Госреестр Российской Федерации была включена целая группа сортов пшеницы и тритикале, выдерживающих как залегание притертой ледяной корки, так и негативное действие заморозка: пшеница – Северодонская 12, Престиж, Тарасовская 97, Северодонецкая юбилейная, Родник тарасовский, Августа, Авеста, Агра, Дон-эко, Губернатор Дона, Доминанта и др., тритикале – ТИ 17, Каприз, Дон, Корнет, Зимогор, Легион, Консул и др. Свойства сортов озимой пшеницы, созданных в конце XX и начале XXI веков, характеризующие их продуктивность и устойчивость к холоду на разных этапах роста и развития, приведены в табл. 1 и 2.

Таблица 1. Характеристика сортов озимой пшеницы селекции Донского НИИСХ

Сорт	Год включения в Госреестр	Регион допуска в производство	Урожайность, т/га		Устойчивость к весенним заморозкам	Сохранность растений при промораживании в КНТ при –18°С, %
			потенциальная	реализованная		
Тарасовская 87	1992	6	8 9	8,3	У	75
Северодонская 12	1996	6	8 9	8	ВУ	88
Тарасовская остистая	2000	6	9,5	9,45	СУ	81
Росинка тарасовская	2001	6,8	>10	10,5	У	76
Престиж	2001	5,6	9	9	ВУ	72
Тарасовская 97	2001	5	8 9	8,8	ВУ	79
Северодонецкая юбилейная	2003	5, 6, 7, 8	9 10	8,7	ВУ	81
Родник тарасовский	2003	6	9 10	9,6	ВУ	72
Августа	2006	5, 6	10	9,7	ВУ	77
Арфа	2006	6	9	8,7	ВУ	71
Доминанта	2009	6	9	8,9	ВУ	82
Губернатор Дона	2008	5, 6, 8	>10	10,2	ВУ	75
Авеста	2009	6	10	9,4	ВУ	74
Агра	2009	6	9	9,2	ВУ	73
Дон-эко	ГСИ		8 9	9,6	ВУ	71
Камея	ГСИ		9 10	9,6	ВУ	72
Донская лира	ГСИ		9 10	10,09	ВУ	72
Золушка	ГСИ		9	9,06	ВУ	70
Донна	ГСИ		10	7,4*	ВУ	77

7,4* – в 2005 засушливом году. ВУ – высокая устойчивость, У – устойчивость выше средней, СУ – средняя устойчивость

В Госреестр России включено 14 сортов озимого тритикале. Все они (за исключением сортов Кентавр, Водолей и Тарасовский юбилейный) отличаются устойчивостью ко всему комплексу криогенных нагрузок разной интенсивности как в зимний период, так и в весенне-летний (табл. 3). То же можно сказать и о сортах тритикале, изучающихся в ГСИ: Консул, Вокализ, Алмаз и Топаз. Районированные сорта озимого тритикале имеют высокий потенциал продуктивности во все годы исследований (табл. 2).

На основе вышеприведенных принципов за последние годы удалось существенно повысить адаптивность твердой яровой пшеницы, в первую очередь к абиотическим факторам. Если сорт Новодонская был допущен к использованию только по 6-му региону, то

Вольнодонская уже по 6-му и 8-му, а Донская элегия – по 5, 6 и 8-му регионам. Естественно вырос и уровень потенциальной продуктивности – с 45 до 60 ц/га.

Таблица 2. Урожайность некоторых сортов зерновых тритикале в условиях засушливой степи среднего Дона, 2004 – 2007 гг., пар, ц/га

Сорт	2004	2005	2006	2007	Среднее	Максимальный реализованный урожай (ЮФО)
ТИ 17	65,9	43,9	37,6	44,4	48,0	88,4
Каприз	58,6	46,8	37,6	45,9	47,2	90,7
Водолей	79,9	58,4	41,8	52,1	58,1	97,5
Кентавр	79,6	55,4	37,2	55,1	56,8	96,0
Тарасовский юбилейный	78,9	60,0	40,7	56,9	59,1	108,0
Дон	77,2	59,7	31,5	56,7	56,2	103,8
Корнет	90,4	57,2	39,9	51,6	59,8	123,0
Зимогор	93,8	60,6	40,4	54,0	62,2	129
Бард	97,1	64,3	44,4	55,6	65,4	97,4
$НСР_{0,05}$	3,9	3,7	2,1	3,2		

Сравнительно недавно развернуты исследования по селекции ярового тритикале. В годы с сильной засухой его преимущество по урожаю зерна над яровой пшеницей и ячменем было неоспоримым. На основе химического мутагенеза, а также при привлечении в скрещивания озимых тритикале создан разнообразный довольно перспективный материал. Заложены конкурсные испытания.

Большое внимание уделяется селекции на устойчивость к биотическим факторам. Проблема устойчивости к вредителям общеизвестными методами базируется на отборе наиболее уцелевших генотипов на фоне сильного повреждения других. Такой материал постепенно накапливается от одного поколения селекционеров к другому или передается через коллекции в виде обменного материала. Каких-то радикальных перемен можно ожидать только при интенсивном использовании трансгеноза.

В основу наших селекционных программ в первую очередь заложены методики создания новых генотипов, устойчивых к болезням в конкретной зоне. Причем, в связи с изменением климата, антропогенного воздействия меняются как виды болезней, так и соотношение рас (а у них – биотипов и штаммов) в природном сообществе. В Донском ЗНИИСХ селекция пшеницы сконцентрирована на создании генотипов, устойчивых к ржавчинам, мучнистой росе, септориозу, снежной плесени и фузариозу, а также к вирусам различных видов. Среди названных болезней бурая ржавчина продолжает выделяться своей вредоносностью. Неоднократно в процессе исследований создавались резистентные к этой болезни генотипы. Сам по себе их синтез – это не такая уж и сложная проблема. Высеваемый ежегодно питомник резистентных к ржавчине форм насчитывает более двух десятков таких генотипов. Однако на Северном Дону этот признак негативно сцеплен с морозо-зимостойкостью и с качеством зерна. За прошедшие четверть века удалось преодолеть только одну сторону триады: создать морозостойкие генотипы, резистентные к бурой ржавчине (1066/02, 560/97 и др.). По технологическим свойствам они часто относятся к кормовым пшеницам. В то же время у многих слабо поражающихся линий и сортов (в пределах 0 – 5%) имеются все требуемые признаки для стабильного производства сильных и ценных пшениц. Полное подавление этого фитопатогена в процессе селекции неизбежно вызовет подвижки в составе болезнетворных начал в зоне – в частности, в нашей усиление в первую очередь септориоза, а при влажной погоде – и фузариоза колоса. Здесь имеется еще много нерешенных проблем по защите посевов. При подавляющем доминировании доноров устойчивости к снежной плесени и мучнистой росе создание новых рекомбинантов со слабой восприимчивостью к этим болезням особых трудностей не вызывает. Сорта тарасовской селекции именно этими

качествами и обладают.

Селекция на устойчивость к болезням становится все более сложной, дорогостоящей и трудоемкой, что, к сожалению, практически не учитывается при финансировании селекционных программ. В связи с усилением аридизации климата из года в год нарастает вредоносность вирусов. Как правило, растения поражаются несколькими вирусами одновременно (смешанный характер заражения), как обитающими в почве, так и передающимися насекомыми-хозяевами. Особенно велика их вредоносность при засухах, когда создаются оптимальные условия для жизнедеятельности насекомых-переносчиков (злаковые тли, цикадка *Psammotetix striatus* и др.). На Дону довольно вредоносны полосатая мозаика пшеницы, карликовость пшеницы и вирусная желтая карликовость ячменя. Видимо имеются и другие вирусные патогены, которые необходимо исследовать (например, обитающие в почве). Методические исследования, выполненные в 90-е годы прошлого века по полосатой мозаике пшеницы (27 комбинаций с разной восприимчивостью к этому вирусу, с реципрокными скрещиваниями по каждой), позволили констатировать, что селекция пшеницы на устойчивость к вирусам – намного более сложная проблема в сравнении с программой по любой другой болезни. При формировании программы на устойчивость к полосатой мозаике пшеницы можно установить какие-то общие тенденции. Очевидно, при гибридизации важно привлекать в качестве материнских более устойчивые формы. Однако, к сожалению, на этом все и заканчивалось. Использование невосприимчивого к этому вирусу донора в качестве или матери, или отца не обусловливало полной устойчивости к нему гибрида F1. Во-первых, этот признак передавался часто рецессивно, во-вторых, у реципрокных комбинаций с одними и теми родителями данные по характеру наследования этого признака давали непредсказуемые результаты. Предположительно обнадеживающие результаты можно получить, используя повторные насыщения выделенной константой формы предыдущего цикла скрещивания донором устойчивости к этому вирусу. Определенные успехи по селекции на устойчивость к основным стрессорам достигнуты по озимому тритикале (табл. 3).

Таблица 3. Характеристика устойчивости ряда сортов тритикале к различного рода стрессорам среднее за 2002 – 2007 гг.

Сорта	Устойчивость к			Устойчивость к основным заболеваниям					
	–19° на узлах	притертой ледяной корке	майским заморозкам	снежной плесени	корневым гнилям	вирусной пятнистости	бурой ржавчине	септориозу	фузариозу
Водолей	65	ВУ	СУ	ПУ	У	СУ	И	У	У
Дон	88	ВУ	ВУ	У	У	ВУ	ВУ	У	У
Каприз	95	ВУ	ВУ	ПУ	У	СУ	ПУ	У	У
Кентавр	84	У	У	ВУ	У	И	ВУ	У	У
ТИ 17	85	ВУ	ВУ	ВУ	СУ	ВУ	У	У	У
Корнет	82	ВУ	ВУ	ВУ	ВУ	И	И	У	У
Зимогор	85	ВУ	ВУ	ВУ	ВУ	И	ВУ	У	У
Бард	80	ВУ	ВУ	СУ	ВУ	И	И	СУ	У

Условные обозначения: И – иммунный; ВУ –высокая устойчивость (0 – 10%); ПУ – полевая устойчивость (5 – 15%); У – устойчив (0 – 15%); СУ – средняя устойчивость (15 – 25%).

Выводы

Вышеприведенные разработки являются основой при создании высокоадаптивных рекомбинантов пшеницы и тритикале с высокой потенциальной продуктивностью. Основные принципы при этом следующие: 1) использование при гибридизации новых, удаленных в эколого-географическом отношении генотипов, что обусловливает повышенную гетерогенность гибридной популяции и продолжительную рекомбинацию; 2) привлечение в

гибридизацию исходных форм, имеющих коадаптированные комплексы генов с контрастными признаками (что можно установить при помощи белковых маркеров и других методов); при рекомбинации реально существенное увеличение потенциала продуктивности; 3) создание новых генотипов для различных техногенных уровней производства зерна (высокий, средний и др.); 4) выведение форм с высокой полевой устойчивостью к вредителям и болезням.

ПЕРЕДАЧА УСТОЙЧИВОСТИ К БОЛЕЗНЯМ ОТ ДИКИХ СОРОДИЧЕЙ МЯГКОЙ ПШЕНИЦЕ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ СИНТЕТИЧЕСКИХ ФОРМ

Р. О. Давоян, И. В. Бебякина, О. Р. Давоян, А. Н. Зинченко, Э. Р. Давоян
Краснодарский научно-исследовательский институт сельского хозяйства им. П. П. Лукьяненко, Россия, e-mail: davoyanro@mail.ru

Резюме

Для передачи мягкой пшенице устойчивости к болезням от *T. militinae, Ae. squarrosa, Ae. speltoides, Ae. umbellulata, Ag. glaucum* были использованы синтетические формы *T. miguschovae,* Авродес, Авролата и Аврокум. Получено большое количество линий, устойчивых к двум и более грибным болезням. Установлена форма передачи генетического материала диких сородичей от синтетических форм в мягкую пшеницу. На основе гибридологического, моносомного и ПЦР-анализов идентифицированы гены устойчивости к листовой ржавчине.

USE OF SYNTHETIK FORMS FOR TRANSFER DISEASE RESISTANCE FROM WILD RELATIVIES TO COMMON WHEAT

R. O. Davoyan, I. V. Bebyakina, O. R. Davoyan, A. N. Zinchenco, E. R. Davoyan
Krasnodar agricultural research institute by name P. P. Lukjanenko, Russia, e-mail: davoyanro@mail.ru

Abstract

For transfer to common wheat a resistance to diseases from *T. militinae, Ae. squarrosa, Ae. speltoides, Ae. umbellulata, Ag. glaucum* a synthetic forms *T. miguschovae,* Avrodes, Avrolata and Avrocum have been used. A large number of lines, resistance to two and more fungal diseases has been obtained. The form to transfer of a genetic material of wild relatives from synthetic forms to common wheat is established. On the basic of hybridological, cytological and PCR analyses genes of resistance to leaf rust are identified.

Селекция мягкой пшеницы достигла такого уровня, когда ее потенциальная урожайность во многом зависит от устойчивости возделываемых сортов к биотическим и абиотическим стрессам. Генетического материала самой мягкой пшеницы недостаточно для решения этой проблемы. В особенности это касается генов устойчивости к болезням, ограничение разнообразия которых создает благоприятные условия для эпифитотий и является одним из лимитирующих факторов в селекции. В связи с этим большой интерес представляет богатейший ценными признаками генофонд диких сородичей пшеницы. Многие из них были с успехом использованы для передачи полезных признаков в мягкую пшеницу. Так, в настоящее время значительная часть эффективных генов устойчивости к болезням пшеницы происходит из этого генофонда [2, 3].

Вовлечение генетических ресурсов диких сородичей требует в свою очередь поиска наиболее рациональных подходов их использования и сохранения, одним из которых является создание синтетических форм. С использованием тетракомпонентов в лаборатории цитогенетики КНИИСХ были созданы синтетические геномно-замещенные формы, у которых геном *D* мягкой пшеницы замещен, соответственно, на геномы *Ae. speltoides, Ae. sharonensis, Ae. umbellulata, Ae. uniaristata, S. cereale, Ag. glaucum, T. boeoticum* и *T. sinskajae*.

Кроме того, получили геномно-добавленные формы, у которых геном *D* от *Ae. squarrosa* был добавлен соответственно к геномам *AG* от *T. militinae* и *AB* от твердой пшеницы *Mutico italicum* [4]. Полученные синтетики были использованы вместо диких сородичей для передачи их полезных признаков в мягкую пшеницу.

Материал и методы

Для передачи мягкой пшенице устойчивости к болезням от *T. militinae, Ae. squarrosa, Ae. speltoides, Ae. umbellulata, Ag. glaucum* использовали синтетические формы *T. miguschovae*, Авродес, Авролата и Аврокум. Метод передачи – беккроссирование и отбор устойчивых растений в каждом поколении. В качестве реципиентов использовали сорта озимой мягкой пшеницы Безостая 1, Аврора, Кавказ и Скифянка.

Заражение и оценку устойчивости к болезням проводили по общепринятым методикам [5].

Для выяснения генетической природы устойчивости к листовой ржавчине использовали гибридологический, моносомный и ПЦР анализы.

Подсчет числа хромосом в соматических клетках выполняли на временных давленых препаратах кончиков первичных корешков. Конъюгацию хромосом в мейозе изучали в материнских клетках пыльцы (МКП). Пыльники фиксировали и окрашивали в ацетокармине либо в уксуснокислом гематоксилине.

Результаты

Наибольший интерес для селекционной практики и, в частности, для передачи генов устойчивости к болезням представляют геномно-добавленные формы *T. miguschovae*, *Mutico italicum/Ae. squarrosa* и геномно-замещенные формы – Авродес, Авролата и Аврокум, у которых геном *D* сорта Аврора замещен соответственно на геномы *Ae. speltoides, Ae. umbellulata, Ae. sharonensis* и *Agropyron glaucum* (табл. 1).

За исключением *Mutico italicum/Ae. squarrosa* все синтетические формы проявляют высокую устойчивость к листовой и желтой ржавчинам и мучнистой росе.

Таблица 1. Характеристика синтетических форм по устойчивости к грибным болезням

Синтетическая форма	Источник	Геном	Ржавчина		Мучнистая роса
			листовая	желтая	
T. miguschovae	*T. militinae, Ae. tauschii*	*AGD*	R	R	R
Авродес	*Ae. speltoides*	*ABS*	R	R	R
Авролата	*Ae. umbellulata*	*ABU*	R	R	R
M.it/*Ae. sq.*	*Ae. squarrosa*	*ABD*	S	R	R

Примечание: R – устойчивый; S – восприимчивый; M.it/Ae. sq. – *Mutico italicum/Ae. Squarrosa.*

Унаследовав от диких сородичей полезные свойства, они представляют более удобные источники для передачи этих свойств пшенице. Все формы, за исключением геномно-замещенной, полученной с участием *Ag. glaucum* (эта форма из-за слабой жизнеспособности в дальнейшем, к сожалению, была потеряна), являются гексаплоидами, легко скрещиваются с мягкой пшеницей, и их потомство обладает хорошей жизнеспособностью [4, 7].

Растения F_1 от скрещивания синтетических форм *T. miguschovae*, Авродес и Аврокум с мягкой пшеницей характеризовались полной устойчивостью к листовой ржавчине и мучнистой росе, но были частично фертильными. Для восстановления фертильности гибридные растения беккроссировали мягкой пшеницей. В целом фертильность растений

восстановилась после первого беккросса. Гибридные растения F_1 от скрещивания геномно-замещенной формы Авролата с сортом Аврора также были высокоустойчивыми к листовой ржавчине и мучнистой росе. Так как они оказались самофертильными, возвратные скрещивания с мягкой пшеницей не проводились.

Число хромосом у растений первых поколений, полученных от беккроссирования и самоопыления, колебалось от 35 до 49. Поскольку наиболее приемлемое число хромосом для мягкой пшеницы – 42, естественный отбор в популяции происходил в пользу растений с таким количеством хромосом. После каждого последующего беккросса и самоопыления количество 42-хромосомных растений увеличивалось.

На протяжении всей работы проводился цитологический анализ по выявлению линий со сбалансированным мейозом и наличию у них чужеродных хромосом и транслокаций. Выявлена общая тенденция стабилизации мейоза с увеличением числа беккроссов. Однако были выделены линии со стабильным мейозом уже во втором беккроссном поколении [7]. Вероятно, все зависит от величины и характера переданного чужеродного материала. Таким образом, уже на ранних этапах этой работы можно отобрать линии, пригодные для использования в селекционной работе.

В результате проведенной работы выяснилось, что передача генетического материала от *T. miguschovae* и Авродес в основном происходит путем транслокаций. В то же время она может осуществляться через гомеологичную рекомбинацию и замещение целых хромосом (табл. 2). Такая форма передачи связана в случае *T. miguschovae* с наличием у нее двух гомологичных (*A* и *D*) и одного частично гомологичного (*G*) с мягкой пшеницей геномов, а в случае Авродес – наличием у нее гена(ов), способных стимулировать гомеологичную конъюгацию хромосом. В большинстве анализируемых линий, имеющих сбалансированный мейоз и полученных с участием синтетических форм Аврокум и Авролата, замещена одна пара хромосом, 58 и 105 линий соответственно. В то же время идентифицированы линии, замещенные по 2-м и 3-м парам хромосом пшеницы, а также с предполагаемыми транслокациями [4, 8].

Таблица 2. Характеристика мейотически стабильных линий (21^{II}) по наличию генетического материала синтетических форм

Синтетическая форма	Всего линий	Количество линий с		
		рекомбинациями	транслокациями	замещенными хромосомами
T. miguschovae	40	3	25	12
Авродес	26	–	16	10
Авролата	109	–	4	105
Аврокум	78	–	19	58

Полученные интрогрессивные линии наследуют устойчивость от синтетических форм. При этом для большинства линий характерно проявление резистентности к комплексу болезней. Так, анализ по устойчивости к листовой и желтой ржавчинам, мучнистой росе и септориозу за 2002 – 2005 гг. показал, что из 346 линий, полученных на основе *T. miguschovae,* 110 были устойчивы к трем и 47 – к четырем болезням (табл. 3).

Сто двадцать шесть линий, полученных на основе синтетической формы Авродес, распределились следующим образом: 35 были устойчивы к трем болезням, 15 – к четырем. Из 115 линий, полученных на основе синтетика Авролата, устойчивыми к трем болезням оказались 35 и к четырем – 19. Несколько хуже проявили себя линии, полученные на основе синтетической формы Аврокум. Из 106 линий 15 были устойчивы к трем и 3 – к четырем болезням.

В целом из 693 проанализированных линий устойчивость одновременно к двум болезням проявляют 271 (39%), к трем – 201 (29%) и четырем – 84 (12%). Только 137 (20%) линий были устойчивы к одной определенной болезни.

Таблица 3. Количество линий, устойчивых к листовой и желтой ржавчинам, мучнистой росе и септориозу, 2002 – 2005 гг.

Источник	Всего линий	Число линий, устойчивых к болезням			
		одной	двум	трем	четырем
T. miguschovae	346	45	144	110	47
Авродес	126	20	50	41	15
Авролата	115	21	40	35	19
Аврокум	106	51	37	15	3
Всего	693	137	271	201	84

Одним из наиболее вредоносных и опасных болезней пшеницы является фузариоз колоса. Чаще всего он вызывается грибом *Fusarium graminearum*. Предварительные испытания наших синтетических форм показали, что устойчивостью к данной болезни обладают формы, имеющие в своем составе геном *Ae. squarrosa* – *T. miguschovae* и *Mut. italicum/Ae. squarrosa.* Устойчивость *T. miguschovae* к фузариозу колоса подтверждена канадскими исследователями [2]. В общей сложности за 2000 – 2005 гг. была изучена 171 линия. В результате отобраны 4 линии с относительно высокой устойчивостью к фузариозу, близкой к сорту Sumai 3, и 22 – со средней резистентностью к этой болезни (табл. 4).

Таблица 4. Число линий, устойчивых к фузариозу колоса, 2000 – 2005 гг.

Источник	R	MR	MS	S	Всего
T. miguschovae	3	5	20	46	74
Mut. italicum × *Ae. squarrosa*	1	11	9	27	48
Другие источники	–	6	7	36	49
Всего	4	22	36	109	171

Таким образом, полученные нами линии обладают комплексной устойчивостью к трем видам ржавчины, мучнистой росе и септориозу. Выделены линии, устойчивые к фузариозу колоса. Устойчивость к этим болезням, по-видимому, контролируется блоком или блоками сцепленных генов.

Листовая ржавчина пшеницы (*Puccinia recondita* Rob. ex Desm. *f.* sp. *tritici* Erikss. et Henn.) – одна из самых распространенных и вредоносных.

Для выяснения генетической природы устойчивости, идентификации и локализации генов устойчивости использовали гибридологический и моносомный анализы. В соответствии с результатами гибридологического анализа гены устойчивости исследуемых линий различаются между собой, отличаются от используемых известных эффективных генов *Lr9, Lr19, Lr24* и генов, которые могут нести линии, исходя из их родословной. Так, в частности, дисомно-замещенные по разным хромосомам пшеницы линии 3821 и 3771 с генетическим материалом *Ae. umbellulata* имеют соответственно один доминантный и один рецессивный гены. Доминантный ген устойчивости к листовой ржавчине у линии 3821 предположительно может быть связан с замещением 5D хромосомы пшеницы, а рецессивный линии 3771 – с замещением 2D хромосомы. Оба гена отличаются друг от друга, а также и от известного эффективного гена *Lr9.* С использованием моносомного анализа было установлено, что устойчивость к листовой ржавчине у линии МК377, полученной из комбинации *T. miguschovae* × Кавказ, контролируется двумя новыми комплементарно взаимодействующими генами, локализованными в хромосомах 7B и 1D. Доминантный ген устойчивости к листовой ржавчине у линии АА688, полученной из комбинации Авродес × Аврора, локализован в хромосоме 2B и также является новым.

В настоящее время к некоторым из идентифицированных генов устойчивости к листовой

ржавчине созданы молекулярные маркеры. С помощью таких маркеров можно с высокой точностью тестировать сорта и линии на наличие или отсутствие соответствующих генов. Для изучения линий пшеницы с материалом *Ag. glaucum* использовали праймеры J 09/1 и

J 09/2, сцепленные с геном устойчивости к листовой ржавчине *Lr24* [9]. В ходе работы были проанализированы ДНК 18 устойчивых линий. Присутствие гена *Lr24* обнаружено в четырех линиях. Большинство линий несут гены устойчивости, отличные от *Lr24*.

Таким образом, получены устойчивые к комплексу болезней линии озимой мягкой пшеницы с генетическим материалом *T. miguschovae, Ae. squarrosa, Ae. speltoides, Ae. umbellulata, Ag. glaucum.* Идентифицированы линии с генами устойчивости к листовой ржавчине, различающиеся как между собой, так и от известных эффективных генов *Lr9, Lr19, Lr24.*

Литература

1. *Давоян Р. О.* Передача генов устойчивости к листовой ржавчине от *Triticum militinae* Zhuk. и *Aegilops speltoides* Tausch. в геном мягкой пшеницы через синтетические гексаплоиды *Triticum miguschovae* и Авродес: Автореф. дис. … канд. биол. наук. СПб., 1993. 24 с.
2. *Давоян Р. О., Бебякина И. В., Бессараб К. С.* Получение и характеристика чужеродно-замещенных линий озимой мягкой пшеницы Аврора с хромосомами *Agropyron glaucum* // Эволюция научных технологий в растениеводстве. Сб. науч. тр., посвященный 90-летию КНИИСХ им. П. П. Лукьяненко. Краснодар, 2004. Т. 3. С. 3 – 9.
3. *Давоян Р. О., Бебякина И. В., Кекало Н. Ю.* Получение и изучение замещенных по геному D линий мягкой пшеницы с хромосомами *Ae. umbellulata* // Наука Кубани. 2004. № 3. Ч. I. С. 48 – 51.
4. *Жиров Е. Г.* Геномы пшеницы: исследование и перестройка: Автореф. дис. д-ра биол. наук. Киев, 1989. 36 с.
5. *Пересыпкин В. Ф.* Болезни зерновых культур // М.: Колос, 1979. С. 122 – 124.
6. *Fedak G., Cao W., Xue A., Savard M., Clarke J., Somers D.J.* Enhancement of fusarium blight resistance in bread wheat and durum by means of wide crosses // 7th Int. Wheat conference. Mar de Plata, Argentina. 2005. 11 p.
7. *Jiang J., Friebe B., Gill B. S.* Recent advances in alien gene transfer in wheat // Euphytica. 1994. V. 73. P. 199 – 212.
8. *McIntosh R. A., Hart G. E., Devos K. M., Rogers J., Gale M. D.* Catalogue of gene symbols for wheat: 1998. Supplement // Wheat Inform. Serv. 1998. № 86. P. 54 – 91.
9. *Schachermayr G., Messmer M. M., Feuillet C. et al.* Identification of molecular markers linked to the *Agropyron elongatum* – derived leaf rust resistance gene *Lr24* in wheat // Theor. Apll. Genet. 1995. V. 90. P. 982 – 990.

СЕЛЕКЦИОННОЕ УЛУЧШЕНИЕ ЯРОВОГО ЯЧМЕНЯ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ИСТОЧНИКОВ ЦЕННЫХ ПРИЗНАКОВ КОЛЛЕКЦИИ ГНЦ РФ ВИР

Н. В. Иванова, М. В. Иванов, Т. Н. Радюкевич

ГНУ Ленинградский научно-исследовательский институт сельского хозяйства Россельхозакадемии, Россия

Резюме

В статье представлены результаты использования образцов ячменя из мировой коллекции ВИР. В результате привлечения их в скрещивание получены новые селекционные линии и перспективные сорта ярового ячменя.

BREEDING OF SPRING BARLEY BY USING OF SOURCES OF VALUBLE CHARACTERS FROM VIR COLLECTION

N. V. Ivanova M. B. Ivanov, T. N. Radyukevich

Leningrad Scientific-Research Institute of Agriculture, Russia

Abstract

This work presents the results of using of VIR barley collection for purpose of plant breeding. The range of barley variability by agricultural traits has been shown. The results of breeding have been presented. Characteristics of new breeding lines and varieties are discussed.

Важнейшей проблемой в России является восстановление продовольственной безопасности страны. Эта глобальная задача неразрывно связана с развитием зернового хозяйства, которое является базисом всего агропромышленного комплекса РФ. На Северо-Западе и Севере России это, прежде всего, основа развития животноводства и птицеводства. Основной зернофуражной культурой в этих регионах является яровой ячмень.

Селекционная работа по ячменю была начата в ЛНИИСХ (СЗНИИСХ) в 1970 году. Используя для создания исходного материала метод внутривидовой гибридизации сортообразов из мировой коллекции ВИР, был создан ряд сортов ячменя кормового направления. Среди них наиболее удачный сорт Белогорский, он был районирован в 1981 году и по сей день находится в Государственном реестре селекционных достижений, допущенных к использованию, в 2009 году был районирован сорт селекции ЛНИИСХ Ленинградский [1].

Сорт ярового ячменя Белогорский получен с участием в скрещивании двух сортов Червонец (Украина) и донора к пыльной головне из коллекции ВИР Keystone (Канада) [3] с последующим индивидуальным отбором. Сорт имеет целый ряд достоинств, отличается устойчивостью к пыльной головне, вынослив к вирусу желтой карликовости ячменя [3, 4], очень пластичен, раннеспелый, засухоустойчивый, что позволило в Государственном реестре селекционных достижений, допущенных к использованию, отнести его к категории «ценный по качеству» [1].

Однако, Белогорский сорт экстенсивного типа. Он характеризуется недостаточной урожайностью, склонен к полеганию, генетически неоднороден, имеет две разновидности *pallidum* и *rikotense*, что сильно затрудняет ведение семеноводства данного сорта.

Была поставлена задача селекционного улучшения данного сорта с сохранением в селекционном материале, полученном на его основе, таких полезных признаков как скороспелость, высокая адаптивность, устойчивость к биотическим и абиотическим стрессам.

Селекционная программа по улучшению сорта Белогорский предполагала активное привлечение этого сорта в гибридизацию. Было получено более 40 гибридных комбинаций с участием Белогорского, отобраны, всесторонне изучены и оценены по комплексу хозяйственно-ценных признаков сотни линий, имеющих в своей родословной этот сорт ячменя.

В результате развернутой селекционной программы был создан и в 1999 году передан на Государственное сортоиспытание новый сорт ярового ячменя Мураш, с 2000 г. по 2004 г. он проходил сортоиспытание в Северо-Западном и Северном регионах РФ. Сорт Мураш получен методом гибридизации сортов ячменя Short Straw (Канада) и сорта Белогорский с последующим индивидуальным отбором из полученной гибридной популяции. Это сорт кормового направления, который отличается мощностью растения, широкими листьями, длинным, продуктивным колосом. По средним данным за 3 года изучения сорт Мураш превосходил Белогорский по ряду хозяйственно-полезных признаков: урожайности – Мураш 3,2 т/га, Белогорский 2,8 т/га (на 12,5%), длине главного колоса соответственно 7,3 см и 5,9 см (на 19,2%), масса зерна с колоса 1,4 г и 1,2 г (на 14,3%), массе 1000 зерен 40,4 г и 37,5 г (на 8,0%) [2]. По данным сортоиспытания Мураш хорошо себя проявил на Севере России в Архангельской области, Карелии. Максимальный урожай получен в 2003 г. в Вологодской области – 5,0 т/га. Однако, сорт Мураш отличается высокорослостью, в дождливые годы склонен к полеганию, недостаточно урожаен и технологичен. Селекционная работа по программе улучшения сорта ячменя Белогорский была продолжена.

На сегодняшний день выделена новая перспективная линия ячменя Л-1505, полученная с

участием сорта Белогорский. Эта линия выделена из гибридной популяции от скрещивания трех сортов Белогорский и двух двурядных сортов (разновидность *nutans*) WW 6320 и Черкасский 426.

Сорт WW 6320 из Швеции, он отличается невысокой, устойчивой к полеганию соломиной, массой 1000 зерен до 45,0 г [5].

Сорт Черкасский 426 (Украина) устойчив к засухе, продуктивен, имеет крупное зерно. При создании линии использованы биотехнологические методы, получены удвоенные гаплоиды, которые были испытаны на селективных средах, имитирующих повышенную кислотность почв и почвенную засуху. Эта работа была проведена в отделе биотехнологии ЛНИИСХ (СЗНИИСХ). Выделенные регенеранты были переданы в лабораторию селекции зернофуражных культур, где с ними стала проводиться работа по традиционной селекционной схеме. В результате планомерной селекционной проработки удалось выделить линию Л 1505 (разновидность *pallidum*), которая по ряду хозяйственно-биологических признаков превзошла исходный сорт Белогорский (табл. 1) и сорт ячменя Мураш.

Таблица 1. Агробиологическая характеристика образцов ярового ячменя, 2006-2008 гг.

Образец	Урожайность, т/га	Устойчивость к полеганию, балл	Вегетационный период, дней	Листовые пятнистости, %	
				сетчатая	темно-бурая
Белогорский	3,3,	4,0	73	15	8
Л-1505	3,9	4,7	73	15	7

Из таблицы 1 видно, что Л 1505 в среднем за 3 года испытания на 0,6 т/га была урожайнее сорта Белогорский, отличалась большей устойчивостью к полеганию, была на уровне по длине вегетации, устойчивости к сетчатой и темно-бурой пятнистостям. Поражение колосьев возбудителем заболевания пыльная головня у изучаемых образцов в годы изучения на естественном фоне не наблюдалось. Динамика урожайности, длины стебля и массы 1000 зерен сорта Белогорский и линии 1505 представлены на рисунках 1-3.

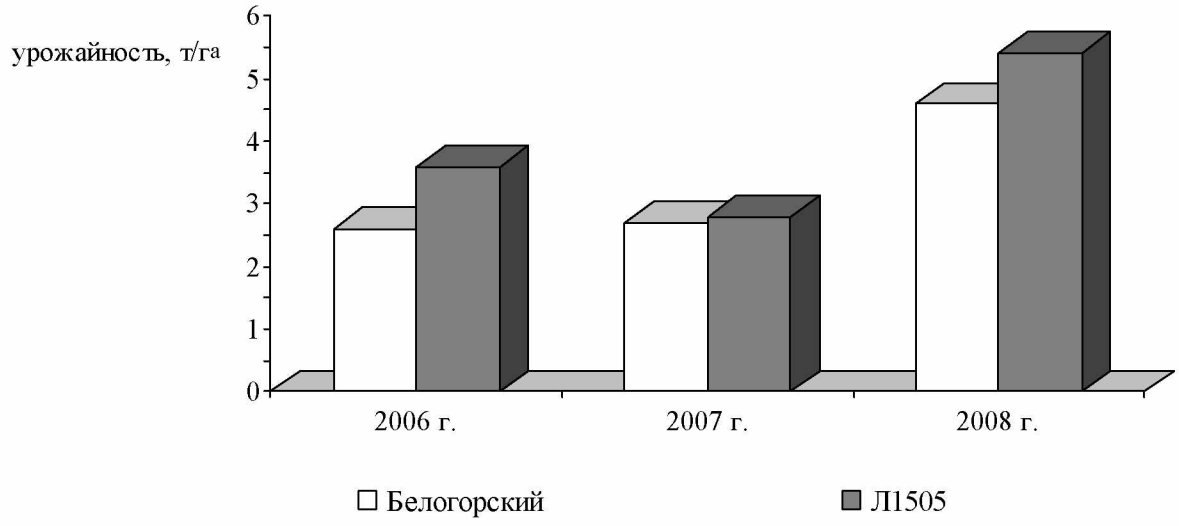


Рис. 1. Урожайность образцов ярового ячменя, т/га

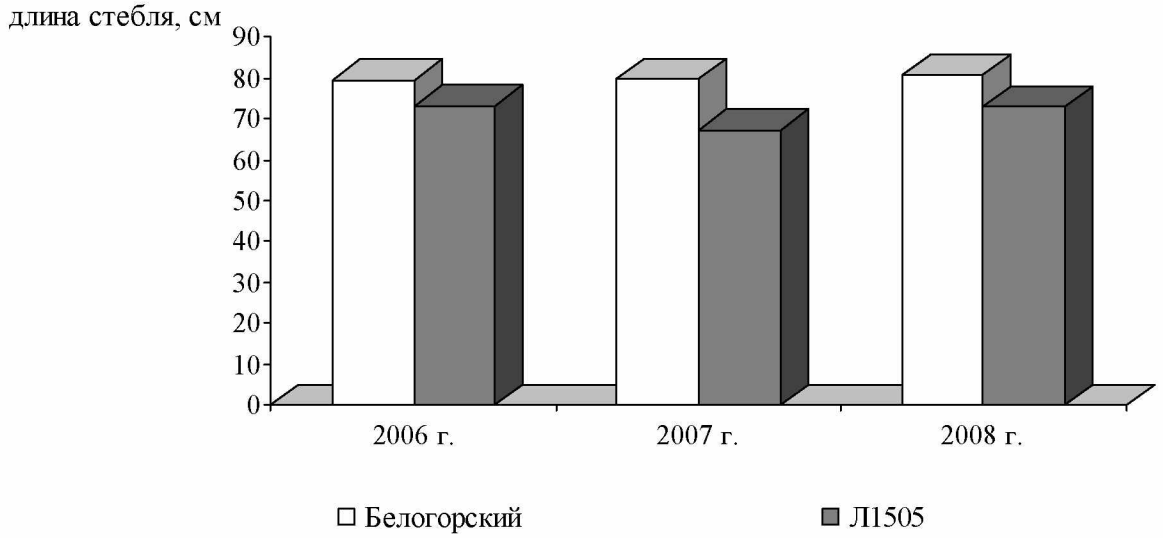


Рис. 2. Длина стебля образцов ярового ячменя, см

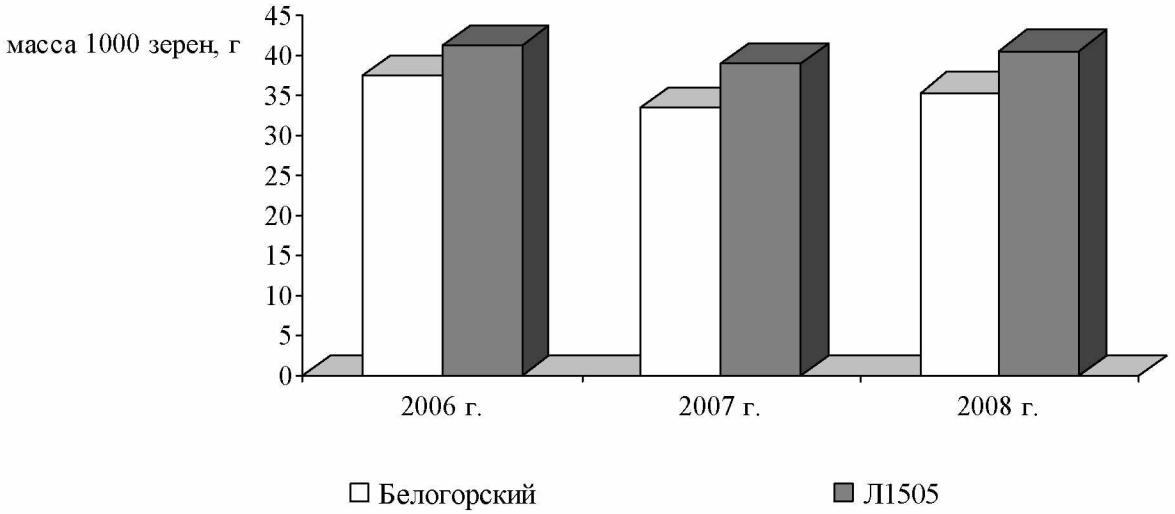


Рис. 3. Масса 1000 зерен образцов ярового ячменя, г

При анализе элементов структуры урожая (табл.2) выявлено, что Л 1505 была более короткостебельная, отличалась большей продуктивной кустистостью, более крупным зерном, хотя имела более короткий колос (длина колоса сорта Белогорский – 6,0 см, у Л 1505 – 5,5 см), меньшую озерненность главного колоса соответственно 40,8 зерен и 37,5 зерен.

Таблица 2. Элементы структуры урожая образцов ярового ячменя, 2006-2008 гг.

Образец	Длина, см		Продуктивная кустистость, штук	Число зерен в колосе, штук	Масса, г	
	стебля	колоса			колоса	1000 зерен
Белогорский	80,0	2,7	6,0	40,8	1,6	35,5
Л 1505	71,1	2,9	5,5	37,5	1,6	40,3

Таким образом, используя метод гибридизации сорта Белогорский с сортами мировой коллекции ГНЦ РФ ВИР, источниками ценных признаков, удалось получить новые образцы

ярового ячменя. Был создан сорт Мураш, который по ряду признаков (урожайности, длине колоса, крупности зерна) превосходит Белогорский.

С 2009 г. было начато селекционное размножение новой перспективной линии Л 1505, полученной от сложного скрещивания сорта Белогорский с двумя сортами коллекции ГНЦ РФ ВИР WW 6320 и Черкасский 426. При создании этой линии удалось достичь селекционного сдвига по целому ряду хозяйственно-ценных признаков: урожайность, устойчивость к полеганию, морфологическая выравненность, продуктивная кустистость, крупность зерна. При этом длина вегетации у линии Л-1505 на уровне раннеспелого исходного сорта Белогорский. Важно, что данная линия ячменя, как и сорт Белогорский, отличается хорошей адаптивностью, способна каждый год давать урожай, технологична.

Литература

1. Государственный реестр селекционных достижений, допущенных к использованию, М., 2009.
2. *Иванов М. В., Иванова Н. В.* Сорта ярового ячменя для Северо-Запада России. //Труды по прикладной ботанике, генетике и селекции. Т.162, 2006 г.
3. *Лукьянова М. В., Трофимовская А. Я., Гудкова Г. Н.* Ячмень. //Л., Агропромиздат, 1990.
4. *Лукьянова М. В., Мережко В. Е.* Генофонд зернофуражных культур для целей селекции в России. //Труды ВИР, т.151, 1997.
5. Каталог мировой коллекции ВИР, вып. 359, 1982.

ИСТОЧНИКИ ЦЕННЫХ ПРИЗНАКОВ ДЛЯ СЕЛЕКЦИИ СРЕДИ ОБРАЗЦОВ ОВСА КОЛЛЕКЦИИ ВИР

Л. В. Козленко

Государственный научный центр Всероссийский селекционно-технологический институт садоводства и питомниководства Россельхозакадемии, Москва, Россия

Резюме

Приведены результаты изучения в 1970–2008 гг. в Московском отделении ВИР коллекций местных и селекционных форм *A. sativa*. Выделены источники ценных признаков для использования в селекции. Показано, что высокая крупность зерна характерна для образцов Испании, Португалии, Центральной и Южной Америки, стран Средиземноморского бассейна. Образцы Венгрии, Румынии, Югославии, наоборот, характеризуются мелкозерностью. Для образцов США характерны скороспелость, устойчивость к корончатой ржавчине, высокое содержание белка. Высокое содержание жира в зерне отличает образцы Югославии, стран Средиземноморья. Высокая продуктивность растения и метелки, короткостебельность, устойчивость к полеганию характеризуют образцы Швеции.

SOURCES OF IMPORTANT TRAITS OF OATS FOR SELECTION IN WORLD COLLECTION OF VIR

L. V. Kozlenko

All-Russian Horticultural Institute for Breeding, Agrotechnology and Nursery, Moscow, Russia

Abstract

Results of studying in 1970–2008 of in Moscow branch VIR of collections of local and selection forms *A. sativa* are resulted. Sources of valuable traits for use in selection are allocated. It is shown, that high size grains it is characteristic for samples of Spain, Portugal, Central and the South America, the countries of the Mediterranean pool. Samples of Hungary, Romania, Yugoslavia, on the contrary, are characterised small grain size. For samples of the USA early maturity, high biochemical indices of grain, resistance to crown rust is characteristic. The high maintenance of fat in grain distinguishes samples of Yugoslavia, the countries of the Mediterranean. High productivity of a plant and a panicle, lodging resistant, short-stemmed, high grain yield is characteristic for samples of Sweden.

Географическое распространение видов овса, локализация районов их разнообразия ранее изучены Н. И. Вавиловым [1], А. И. Мальцевым [5], А. И. Мордвинкиной [6]. Разработана экологическая классификация овса, которая отражает внутривидовое разнообразие форм по комплексу признаков. Для экологической классификации в качестве критериев приняты: образ жизни, продолжительность вегетационного периода, общий габитус растений, количественные признаки растений, метелок и признаки качества зерна, облиственность, требования к условиям среды, поражаемость болезнями и вредителями.

Наша работа в Московском отделении ВИР (с января 2008 г. – отдел сохранения, поддержания и изучения генофонда ГНУ Всероссийский селекционно-технологический институт садоводства и питомниководства) связана с изучением местных и селекционных форм *A. sativa*, главным образом пленчатых, редко – голозерных, а также *A. byzantina*. За период с 1969 г. Изучено, как в монографическом плане (по крупным регионам мира), так и новых на данный период, более 3,5 тыс. образцов, что дало возможность оценить направление и результаты селекции овса в разных зонах мира.

Методика изучения коллекционных образцов была одинакова во все годы. Площадь делянки 2 м^2. Посев – в оптимальные для каждого года сроки, сеялочный, норма высева 500–600 всхожих зерен на 1 м^2. Сравнение вели со стандартными сортами, районированными в Московской обл.: 1969–1975 гг. – Орел, 1976–1984 гг. – Геркулес и Астор, 1984–2005 гг. – Немчиновский 2 и Гамбо, после 2004 г. – Улов и Борец. Стандарты размещали в каждом блоке из 10 образцов.

Погодные условия в годы изучения (1969–2008) отличались разнообразием: от засушливых и жарких до чрезвычайно переувлажненных и холодных. Наиболее благоприятными, судя по полученным урожаям, были 1969, 1987 и 1994 гг., когда весь вегетационный период отличался умеренной теплотой, достаточной влажностью с равномерным выпадением осадков. Урожай зерна составил 943–636 г/м^2. Хороший урожай получен и в другие годы: 1978, 1983, 1985, 1993, 1995, 1996, 2000, 2003, 2004, 2008 – 300–400 г/м^2. Таким образом, из 39 лет изучения благоприятными для овса можно считать 16 лет. Другие годы по различным причинам были неблагоприятными. Пять лет (1972, 1981, 1992, 2002 гг.) были чрезвычайно засушливыми, когда температура воздуха долгое время превышала 30°С и за вегетационный период не выпало ни одного мм осадков. В таких условиях урожай зерна составил 50–130 г/м^2. В Московской обл. часты весенне-летние засухи – 15 лет из 36, что угнетающе сказывается на развитии растений и величина урожая определяется характером погоды во второй период вегетации – 150–300 г/м^2. В ряде случаев на урожай влияли экстремальные условия: сильные, порой ураганные ветры с дождями, что приводит к раннему полеганию растений, формированию мелкого, щуплого зерна, значительному снижению урожая (1988, 1998, 2006 гг.); эпифитотийному распространению ВЖКЯ (1990, 1991 гг.); сильным ливневым дождям первой половины вегетации (1997 г.); холодной затяжной весной, частым заморозкам, резкой смене засушливых и переувлажненных периодов (1990, 1989, 1999, 2001 гг.).

Вновь создаваемые сорта овса должны иметь высокую продуктивность зерна и зеленой массы, устойчивость к полеганию, отличаться скороспелостью, дружностью созревания, быть устойчивыми либо толерантными к болезням и вредителям, давать зерно с высоким качеством – повышенным содержанием белка, лизина в белке, масла. Особое внимание уделяется признаку стабильности урожаев.

Высокая урожайность, продуктивность растения и метелки в наших условиях характерны для образцов Германии, Чехии, Финляндии, Швеции, Канады. Среди них:
к-14201 AC 3025, к-14200 AC 1358, к-14699 Bonus, к-15076 Fredy, к-15085 Ivory (Германия); к-14223 KRFPTC, к-14729 SG 93682, к-14933 Leo, к-14936 Neklan (Чехия); к-14244 Ketty (Швеция); к-14609 CDC Boyer, к-14610 AC Belment, к-14612 AC Preakness, к-14805 Bell T 705, к-14990 OA 272 (Канада); а также образцы Украины – к-14775 Деснянский, к-14777 Славутич и России – к-14779 Тарский 2, к-14780 Иртыш 21, к-14781 Фауст.

Высокой крупностью зерна отличаются образцы Средиземноморья: Испании,

Португалии, Израиля. Но источниками высокой массы 1000 зерен могут служить селекционные формы Швеции, Чехии, США, Канады, обладающие рядом других хозяйственно ценных признаков. К ним относятся: к-14243 Elin (Швеция); к-14279 Horisky, к-14312 Birol (Чехия); к-14308 Derby, к-14609 CDC Boyer, к-14612 AC Preakness, к-14989 OA 338, к-14990 OA 272, (Канада); к-14262 Kareela, к-14355 OT 755 (США); к-14556 86-AB-388 (США); к-14559 87-AB-5497, к-14752 Zephyr, к-14799 Gem (США); к-14696 AC Hunder (Германия); к-14792 Bojka (Польша); к-14783 Тулунский 19, к-14779 Тарский 2, к-15069 Рысак (Россия). Наибольшее число мелкозерных форм (с массой 1000 зерен менее 25 г), часто менее 20 г, находим среди образцов Венгрии, Румынии, Монголии, Китая, Украины, Молдавии.

Большое значение в нашей зоне имеет сочетание урожайности и скороспелости образцов. Источники скороспелости обычно находятся среди образцов Индии, Мексики. Но это малопродуктивные формы. Интересны в этом отношении скороспелые селекционные образцы Норвегии к-14184 Luna, к-14179 Kapp, к-14181 Martin, которые, при урожае на уровне стандартов, на 7–9 дней скороспелее их. Скороспелые и достаточно урожайные образцы находим также среди образцов США: к-14732 IL 85-1538, к-14559 87 AB 5797, к-14746 Euton, к-14760 Sheldon, к-14761 Hamilton, к-14762 CI 5558, к-14747 Colo.

С устойчивостью к полеганию, лимитирующим в наших условиях признаком, связана короткостебельность сортов. Ультракороткостебельные образцы с длиной соломины до 50 см имеют значение главным образом для генетического изучения ее. Обычно короткостебельность их влечет за собой снижение длины метелки, ее продуктивности, крупности зерна. В коллекции это ультракороткостебельные образцы Австралии: к-14171, 14172, 14174, 14175, 14176, к-14841 Pollinup, к-14842 Wandering, к-14850 Quall, к-14853 Eurabbie, к-14847 Today, а также Японии: к-14877 Hondai 8473, к-14855 Av 21/1, к-14856 Av 17/3/10. Большее селекционное значение имеют образцы с длиной соломины 70–90 см, обычно выявляемые среди образцов Швеции, Нидерландов, Австрии. Источниками короткостебельности среди новых коллекционных образцов могут служить и селекционные образцы других стран: к-14526 Melys (Чехия); к-14553 81-AB-5792 (США); к-14554 82-AB-248 (США); к-14555 83-AB-3119 (США); к-14556 86-AB-388 (США); к-14557 87-AB-5125 (США); к-14559 87-AB-5497 (США); к-14681 Amigo (Великобритания); к-14698 Avesta (Германия); к-14790 Grajcar (Польша); к-14829 Aslak (Финляндия); а также отечественные сорта к-14857 Кречет, к-14827 Омихо.

Изучение коллекционных образцов показывает, что источники устойчивости к корончатой ржавчине находятся большей частью среди образцов США. Это к-14346 Pieree, к-14347 Starter, к-14348 Stella, к-14352 Valley, к-14349 TAM 0386, к-14749 Shelby, к-14759 Horicon, к-14760 Sheldon, к-14767 IL 86-1150, к-14800 Belle, к-14739 CI 9268, к-14897 IL 2815, к-14898 IL 2838, к-14899 IL 2858, к-14900 IL 2901, к-14903 IL 3587, к-14893 Full Bright, к-14894 Polomino, не поражавшиеся в годы значительного проявления корончатой ржавчины или поражавшиеся очень слабо (балл 1). Ценность последних образцов состоит также в том, что они достаточно продуктивны в условиях Нечерноземной зоны, крупнозерные, с хорошо озерненной метелкой.

Образцы овса США и Канады служат также источниками высокого содержания белка в зерне. Лучшие из них накапливали 18–20% белка в зерне. Ранее нами среди образцов США были выделены доноры высокого содержания белка в зерне – Garland, Dal, Otee, Putnam 71. Сорт Dal отличается высоким содержанием белка, контролируемым доминантными генами, высоким содержанием масла – более 6%, имеет полностью доминантные гены устойчивости к корончатой ржавчине, рецессивные гены короткостебельности, но и числа зерен в метелке и массы зерна с растения. Из других поступлений стабильно высокое содержание белка отмечено у сложных гибридов США к-13235, 13098, 13099, 13327 и др.

В поисках исходного материала для селекции на качество зерна большой интерес представляют страны Центральной и Южной Америки (Мексика, Перу, Аргентина, Бразилия и др.), а также Средиземноморья (Испания, Португалия, Израиль, Турция, Югославия и др.).

Содержание белка у них доходит до 16%, лизина в белке – до 4,8%. Их отличает также повышенное содержание масла – до 6,8%, высокая масса 1000 зерен, часто более 40 г. Лучшими представителями образцов этих стран являются: к-11877 № 11 из Боливии, к-11802 *D 16 EU* из Перу, образцы Югославии к-10307 № 6, к-10308 № 7, к-10312 Желтый 53, к-10313 Желтый 64, к-10371 Jari ovas br.37, к-10393 Jari ovas Domaka biela и образец Франции к-13845 Bertus.

В последние годы в изучении генофонда нашла широкое применение методика генетико-экологической инвентаризации коллекции, разработанная академиком В. А. Драгавцевым. Она включает анализ семи полигенных систем, определяющих успех селекционной работы: адаптивности, аттракции, микрораспределения пластических веществ, отзывчивости на лимитирующие факторы минерального питания, толерантности к загущению, вариабельности периодов онтогенеза, иммунитета к вредителям и болезням. Теория метода изложена в работах В. А. Драгавцева [2–4]. Указанная методика использовалась нами для изучения полигенных систем адаптивности, аттракции и микрораспределения пластических веществ у коллекционных образцов овса [7]. За период 1997–2005 гг. изучено более 200 образцов. Выделенные источники адаптивности, аттракции и микрораспределения пластических веществ в метелке овса представлены ниже в форме таблицы.

В качестве комплексных доноров, стабильно показывающих высокие положительные сдвиги по трем изученным полигенным системам – адаптивности, аттракции и микрораспределения пластики, могут быть выделены к-14699 Bonus, к-14700 Expander (Германия), к-14777 Славутич (Украина), к-14729 SG, к-93682 (Чехия), к-14792 Bojka, к-14794 SAM (Польша), к-14789 Roope (Финляндия). Учитывая хорошие показатели по хозяйственно ценным признакам, эти образцы можно с успехом использовать в селекционной работе.

Выделенные источники адаптивности, аттракции и микрораспределения пластических веществ в метелке овса

Адаптивность	Аттракция	Микрораспределение пластики	Комплексные
к-14609 CDC Boyer, Канада	к-14609 CDC Boyer, Канада	к-14556 86-AB-388, США	к-14699 Bonus, Германия
к-14615 Гэсэр, Бурятия	к-14648 Аргамак, Кировская обл.	к-14559 Bcenra, США	к-14700 Expander, Германия
к-14697 Alf, Германия	к-14707 Matra, Великобритания	к-14614 Борей, Ленинградская обл.	к-14729 SG к-93682, Чехия
к-14700 Expander, Германия	к-14697 Alf, Германия	к-14648 Аргамак, Кировская обл.	к-14777 Славутич, Украина
к-14710 Upright, США	к-14699 Bonus, Германия	к-14712 Noire de Michampes, Франция	к-14792 Bojka, Польша
к-14530 ОА 504-6, Чехия	к-14700 Expander, Германия	к-14698 Avesta, Германия	к-14794 SAM, Польша
к-14749 Shelby, США	к-14701 Ilitis, Германия	к-14701 Ilitis, Германия	к-14789 Roope, Финляндия
к-14777 Славутич, Украина	к-14703 Wiesel, Германия	к-14663 POB-W 1429/93, Польша	к-14518 Skawko, Польша
к-17778 Памяти Богачкова, Омская обл.	к-14729 SG к-93682, Чехия	к-14729 SG к-93682, Чехия	к-14519 German, Польша
к-14780 Иртыш 21, Омская обл.	к-14774 Верхнячский, 97 Украина	к-14749 Shelby, США	к-14523 Jawor, Польша
к-14792 Bojka, Польша	к-14775 Деснянский, Украина	к-14752 Zephyr, США	к-14520 Kwant, Польша
к-14428 Wilma, Нидерланды	к-14776 Райдужный, Украина	к-14774 Верхнячский 97, Украина	к-14583 Flaminsgelb, Германия
к-14518 Skawko,	к-14777 Славутич,	к-14777 Славутич,	к-14159 Lyon CI

Польша	Украина	Украина	9204, США
к-14583 Flaminsgelb, Германия	к-14780 Иртыш 21, Омская обл.	к-14781 Фауст, Кировская обл.	к-14441 ОТ 184, Канада
к-14520 Kwant, Польша	к-14781 Фауст, Кировская обл.	к-14857 Кречет, Кировская обл.	
к-14459 Lyon CI 9204, США	к-14782 Дэнс, Кировская обл.	к-14792 Bojka, Польша	
к-14515 Klaus, Франция	к-14794 SAM, Польша	к-14794 SAM, Польша	
	к-14796 Kasztan, Польша	к-14796 Kasztan, Польша	
	к-14807 Sc к-961010, Чехия	к-14806 Pacer T 704, Канада	
	к-14787 Привет, Московская обл.	к-14807 Sc к-961010, Чехия	
	к-14788 Борец, Московская обл.	к-14785 Талисман, Тюменская обл.	
	к-14441 Dwarf ОТ 184, Канада	к-14800 Belle, США	
	к-14583 Flaminsgelb, Германия	к-14834 Virma, Финляндия	
	к-14520 Kwant, Польша	к-14740 CI 9277, США	
		к-14747 Colo, США	

Таким образом, более чем 30-летнее изучение больших наборов коллекционных образцов овса по крупным регионам мира показало региональную приуроченность отдельных хозяйственно ценных признаков. В связи с этим выбор источников тех или иных желательных признаков для селекционного использования наиболее эффективно может быть произведен именно в тех регионах, где они наиболее распространены. Например, высокая крупность зерна характерна для образцов Испании, Португалии, Центральной и Южной Америки, стран Средиземноморского бассейна. Образцы Венгрии, Румынии, Югославии, наоборот, характеризуются мелкозерностью. Для образцов США характерны скороспелость, устойчивость к корончатой ржавчине, высокое содержание белка. Высокое содержание жира в зерне отличает образцы Югославии, стран Средиземноморья. Высокая продуктивность растения и метелки, короткостебельность, устойчивость к полеганию характеризуют образцы Швеции.

Литература

1. *Вавилов Н. И.* Центры происхождения культурных растений // Тр. по прикл. бот., ген. и сел. Л., 1926. Вып. 16, № 2. С. 91–99.
2. *Драгавцева В. А.* Алгоритмы эколого-генетической инвентаризации генофонда и методы конструирования сортов сельскохозяйственных растений по урожайности, устойчивости и качеству // Метод. рек. СПб., 1993.
3. *Драгавцев В. А.* Эколого-генетический скрининг генофонда и методы конструирования сортов сельскохозяйственных растений по урожайности, устойчивости и качеству // Метод. рек. СПб., 1997.
4. *Драгавцев В. А., Суркова Л. И. и др.* Генетико-физиологические системы адаптивности, аттракции и микрораспределений сортов озимой пшеницы в разных географических зонах бывшего СССР. СПб., 1995.
5. *Мальцев А. И.* Овсы и овсюги. Л., 1930. 506 с.
6. *Мордвинкина А. И.* Эколого-географическая классификация культурных и сорно-полевых овсов // Докл. ВАСХНИЛ. 1939. Вып. 5. С. 3–10.
7. *Отбор* носителей полигенных систем адаптивности и других систем, контролирующих продуктивность озимой пшеницы, ячменя, овса в различных регионах России / Под ред. акад. В. А. Драгавцева. СПб., 2005.

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ПОТЕНЦИАЛА ГЕНЕТИЧЕСКИХ РЕСУРСОВ ПЛОДОВЫХ КУЛЬТУР МАЙКОПСКОЙ КОЛЛЕКЦИИ ВНИИР В СЕЛЕКЦИИ НА ПОЗДНИЕ СРОКИ ЦВЕТЕНИЯ.

В. М. Кочетков, И. А. Бандурко, Т. И. Демченко, В. М. Котов
Государственное научное учреждение Государственный научный центр РФ Майкопская опытная станция Всероссийского научно-исследовательского института растениеводства им. Н. И. Вавилова РАСХН, Майкоп, Россия, e-mail: was@pochta.ru

Резюме

В статье изложены данные многолетних исследований сроков цветения основных плодовых культур (яблоня, груша, слива, алыча) генофонда Майкопской коллекции ВНИИР им. Н. И. Вавилова.

В результате многолетнего изучения генофонда вышеуказанных плодовых культур выделены сорта – как исходный материал для селекции на поздние сроки цветения.

USE OF POTENTIAL OF THE GENETIC OF THE SERVICE LIVES OF THE FRUIT CULTURES OF MAYKOP COLLECTION [VNIIR] IN THE SELECTION FOR THE LATE PERIODS OF FLOWERING.

V. M. Kochetkov, I. A. Bandurko, T. I. Demchenko, V. M. Kotov
The Maykop experimental station of the All-Russian scientific research institute of plant growing im. N. I. Vavilov, Maykop, Russia, e-mail: was@pochta.ru

Abstract

In the article are presented data of the long-term investigations of the periods of the flowering of the basic fruit cultures (apple tree, group, discharge, damson plum) of the gene pool of Maykop collection VNIIR im. N. I. Vavilov. As a result the long-standing study of gene pool of higher than fruit the cultures indicated are isolated types – as source material during the selection for the late periods of flowering.

Почвенно-климатические и экологические условия на территории Северного Кавказа в целом достаточно благоприятны для возделывания большинства плодовых культур. Вместе с тем, как и в других зонах плодоводства России, в последующие десять – пятнадцать лет, в связи с глобальным изменением (потеплением) климата, повреждения (до полной гибели) плодовых почек, бутонов, цветков и завязи значительно возросли, и это в отдельные годы наносит существенный ущерб урожаю. Как правило, особенно неблагоприятные условия для перезимовки плодовых образований вообще и плодовых почек в частности складываются в годы, когда первая половина зимы бывает мягкой, а затем наступает резкое похолодание, с понижением температуры до критических значений. Нужно отметить, что зимы в среднем стали мягче, оттепели сильнее и продолжительнее. При этом возросли и колебания температур. Особенно опасны поздневесенние заморозки, наносящие значительный ущерб урожаю, так как имеют место быть в период массового цветения плодовых культур и образования завязи. Степень повреждения в этом случае в большей мере зависит, в частности, от сроков цветения сортов. Отсюда, селекция на поздние сроки цветения во многом позволит избежать повреждения их от поздних заморозков в весенний период развития. Важным фактором притом является сила и продолжительность поздневесенних заморозков. Необходимую помощь в решении данной проблемы может оказать скрининг генофонда плодовых культур с оценкой его потенциала, в том числе и по интересующему нас признаку.

Методика и материалы исследования

Исследования проводились в коллекционных садах яблони, груши, сливы и алычи Майкопской опытной станции ВНИИР им. Н. И. Вавилова в 1975 – 2009 гг.

Изучение генофонда плодовых культур проводили по «Программе и методике изучения сортов коллекции плодовых, субтропических, орехоплодных культур и винограда». ВИР: Л.,

1970 [1] и «Программе и методике сортоизучения плодовых, ягодных и орехоплодных культур». ВНИИСПК: Орел, 1999 [2].

Результаты исследования и их обсуждение

Скрининг коллекционных образцов плодовых культур, сосредоточенных на Майкопской опытной станции ВНИИР, позволил установить и выделить сорта, сроки цветения которых на 2 – 4 нед. позже подавляющего большинства сортов. По результатам многолетнего изучения к ним следует отнести группу сортов яблони, представленных в табл. 1, груши – в табл. 2, сливы – в табл. 3 и алычи – в табл. 4.

Комплексная дифференцированная оценка селекционных свойств исходного материала была, есть и будет первостепенной задачей, позволяющей в том числе установить и обосновать принципы создания плодовых садов по критериям прецизионности и формирования продуктивного потенциала в условиях погодных стрессов.

Таблица 1. Сорта яблони с наиболее поздними сроками цветения

№ п/п	№ по каталогу ВИР	Сорт	Происхождение	Ср. мн. дата цветения, май
1	10876	Кандиль Упита	Прибалтика	15
2	12336	Майский шафран	Сев. Кавказ, Кубань	12
3	1648	Тафтяное поздноцветущее	Германия	11
4	30714	Api rose	Франция	10
5	828	Beaty Crowley	Англия	10
6	23203	Апорт зимний	Украина	09
7	25553	Ренет дю Манс	Франция	09
8	32328	El Reinette	"	09

Таблица 2. Сорта груши с наиболее поздними сроками цветения

№ п/п	№ по каталогу ВИР	Сорт	Происхождение	Ср.мн.дата цветения, май
1	31316	Dubbele Kreeftpeer	Зап. Европа	10
2	31350	Theodora van Mons	Бельгия	03
3	24702	Обильная Туза	Сев. Кавказ, Адыгея	02
4	24609	Winnals Longdon	Англия	01
5	2806	Jeanne d`Arc	Франция	01
6	2564	Barilett Deshamp	"	01
7	24704	Тахир	Узбекистан	01
8	31360	Чудо	Молдавия	01
9	2717	Gallers	Зап. Европа	01

Таблица 3. Сорта сливы с наиболее поздними сроками цветения

№ п/п	№ по каталогу ВИР	Сорт	Происхождение	Ср.мн.дата цветения, апрель
1	3793	Озимая красная	Россия	24
2	4134	Чернослив Козловский	"	24
3	14102	Късно Цфтяща от Лесидрян	Болгария	23
4	3944	Ренклод Латинуа	Франция	22
5	10214	Венгерка местная	Россия	22
6	3359	Белая Дама	Франция	22
7	3353	Аусбухер	Германия	22
8	3698	Лувенская Красавица	Бельгия	21
9	3720	Марина Раскова	Украина	21
10	3950	Ренклод Прозрачный	Франция	21

Таблица 4. Сорта алычи с наиболее поздними сроками цветения

№ п/п	№ по каталогу ВИР	Сорт	Происхождение	Ср.мн.дата цветения, апрель
1	4291	Абрикосовая шунтукская	Россия, Сев. Кавказ	18
2	4306	Шунтукская 16	"	15
3	4307	Шунтукская 17	"	14
4	14772	Ласточка	Россия	12
5	12864	Пурпурная	Украина, Крым	12
6	4293	Желтая шунтукская	Россия, Сев. Кавказ	11
7	9616	Краснощекая от Данько	Россия	11
8	9619	Красная от Данько	"	11
9	3721	Мару	Средняя Азия	11
10	9764	Пейванд № 250	Азербайджан	11

Важным в решении проблем, стоящих перед селекцией плодовых растений на современном этапе, является изучение механизма адаптации и устойчивости их к биологическим стрессам с учетом сортовых особенностей и изыскание путей повышения экологической устойчивости в конкретных почвенно-климатических условиях.

Наличие в генбанке данных характеристик генетических систем, отвечающих за реакцию плодовых растений на изменение тех или иных лимитирующих условий внешней среды, позволит вести селекцию новых сортов с заданными параметрами, а освоение новых методологий селекции плодовых растений позволит сократить время и средства на селекционный процесс и тем самым достичь более значимого прогресса плодоводства.

Выводы

В результате многолетних исследований генофонда плодовых культур Северного Кавказа выделены и рекомендуются к использованию в селекции на поздние сроки цветения сорта яблони – Кандиль Упита, Майский шафран, Тафтяное поздноцветущее, Api rose, Beaty Crowley, Апорт зимний, Ренет дю Манс, El Reinette и др.; груши – Dubbele Kreeftpeer, Theodora van Mons, Обильная Туза, Jeanne d`Arc, Barilett Deshamp, Тахир, Чудо, Gallers и др.; Слива – Озимая красная, Чернослив Козловский, Ренклод Латинуа, Венгерка местная, Белая Дама, Лувенская Красавица, Марина Раскова, Ренклод Прозрачный и др.; алыча – Абрикосовая шунтукская, Шунтукская 16, Шунтукская 17, Ласточка, Желтая шунтукская, Краснощекая от Данько, Красная от Данько, Мару, Пейванд № 250.

Литература

1. *Программа* и методика изучения сортов коллекции плодовых, ягодных, субтропических, орехоплодных культур и винограда. / Науч. ред.: д-р с.-х. наук Ф.Ю. Лихонос. ВИР. Л., 1970. 162 с.
2. *Программа* и методика сортоизучения плодовых, ягодных, субтропических, орехоплодных культур / Под ред. акад. РАСХН Е. Н. Седова, Т. П. Огольцовой. ВНИИСПК. Орел, 1999. 521 с.

ИСТОЧНИКИ УСТОЙЧИВОСТИ К ЗАСУХЕ В КОЛЛЕКЦИИ ЛЬНА ДЛЯ СЕЛЕКЦИИ ЛЬНА МАСЛИЧНОГО

С. Н. Кутузова, А. А. Санин, Л. А. Косых

Государственный научный центр РФ Всероссийский научно-исследовательский институт растениеводства им. Н. И. Вавилова РАСХН, Санкт-Петербург, Россия, e-mail: s.kutuzova@vir.nw.ru

Резюме

В условиях Самарской области, где засуха является лимитирующим фактором при возделывании

льна, получили многолетнюю оценку по комплексу хозяйственно ценных признаков 226 образцов льна масличного из коллекции ВИР. Устойчивость к засухе определяли как отношение величины признака при выращивании образца в засушливых условиях к величине – в благоприятных условиях (% к st.). Сравнение оценок, полученных при изучении образцов в контрастных условиях прохождения фенологических фаз, позволило выявить ценный исходный материал для селекции на этот признак – выделились образцы, устойчивые к засухе в отдельные периоды роста и развития и в течение всего вегетационного периода.

SOURCE OF DROUGHT RESISTANCE IN FLAX COLLECTION VIR FOR SELECTION OF LINSEED

S. N. Kutuzova, A. A. Sanin, L. A. Kosykh
State Scientific Centre N. I. Vavilov All-Russian Research Institute of Plant Industry of RAAS
St. Petersburg, Russia, e-mail: s.kutuzova@vir.nw.ru

Abstract

Samara region has drought limit factor for linseed growth. 226 linseed accessions from VIR collection have passed through many year complex evaluation. Resistance to drought was determined as ratio between the values of characters, estimated in drought conditions and the values of characters estimated in favorable conditions (% of standard). Comparison of accessions traits manifestation in contrast environments has discovered important initial material for breeding drought resistant varieties.

В условиях Поволжья России засуха представляет собой наиболее важный сдерживающий фактор для возделывания масличного льна, весьма перспективной масличной культуры для этого региона [4, 6]. Здесь засуха наблюдается в среднем 3 – 4 года из 10, а в южной зоне – 6 лет из 10 и чаще. При этом осадки не выпадают, как правило, в период цветения и зеленой спелости льна масличного, весьма ответственный за формирование урожая. Около 80% всех значительных засух распространяется на период от посева до созревания. Реже наблюдаются засухи только во второй половине вегетации, их частота не превышает 18% случаев [3]. Анализ архивного материала по погодным условиям в Самарской губернии за 135 лет (с 1861 по 1995 г.) показал, что 65 лет из них (около 50%) были засушливыми и острозасушливыми. Особенно сильная засуха отмечалась в эти годы 39 раз, в том числе в 1992 и 1995 гг. [1].

В условиях Поволжья лен может попасть под засуху и суховеи практически на всех этапах роста и развития. Наибольший ущерб урожаю приносит устойчивая засуха, происходящая в течение всего вегетационного периода. Самая высокая чувствительность к недостатку влаги проявляется у льна во время закладки и образования генеративных органов. При засухе у растений происходит торможение ростовых процессов, падает интенсивность фотосинтеза и увеличивается интенсивность непродуктивного дыхания, что приводит к снижению энергетического уровня, изменению физико-химических свойств протоплазмы растительных клеток. При возрастающем напряжении засухи наступают необратимые изменения метаболизма, при этом урожайность растений резко падает или происходит их гибель. При недостатке влаги у растений льна сокращается количество коробочек и число семян в коробочке, уменьшается размер и масса семян, количество стеблей и их высота. Именно отсутствием засухоустойчивости можно объяснить тот факт, что некоторые интенсивные сорта зарубежной селекции в засушливые годы в условиях Поволжья полностью погибают. В последние годы засуха наблюдалась реже и была менее жесткой, однако, учитывая глобальную тенденцию аридизации климата во всем мире и в нашей стране, проблема засухоустойчивости остается актуальной.

Перед селекционерами стоит исключительно важная задача создания сортов льна, устойчивых к засухе в течение всего вегетационного периода. Известно, что наиболее устойчивы к засухе льны-кудряши, имеющие мощную корневую систему. Однако они, как правило, очень позднеспелы, поэтому возделываются в более южных регионах – в Закавказье, Африке, Индии.

В задачи настоящего исследования входил поиск среди образцов мировой коллекции масличного льна ВИР исходного материала для селекции на засухоустойчивость, а также определение регионов мира, в условиях которых устойчивость формируется наиболее часто. Оценку проводили с использованием естественной засухи, периодически наблюдавшейся на опытном поле Поволжского НИИ селекции и семеноводства им. П. Н. Константинова (Самарская обл.).

Изучение образцов коллекции по комплексу важнейших хозяйственно ценных признаков проводили в соответствии с методическими указаниями ВИР [5]. Математическая обработка данных проводилась по Б. А. Доспехову [2]. Степень засухоустойчивости определяли как отношение величины признака при выращивании в засушливых условиях (% к стандартному сорту) к величине в благоприятных условиях (% к стандартному сорту). Этот коэффициент (К), приближающийся к 1 и более, означает устойчивость к засухе. Несмотря на то, что в полевых условиях засуха наблюдается не каждый год и характер ее меняется, такая оценка в течение трех и более лет дает удовлетворительное представление о засухоустойчивости сорта. В качестве стандарта сорта использовали районированный в регионе сорт Воронежский 1308 (к-5579), также неустойчивый к засухе (К=0,60 – 0,62). Коэффициент его устойчивости вычисляли с использованием фактических значений признаков.

С 1992 по 2001 г., когда засуха наблюдалась очень часто, получили многолетнюю комплексную оценку (от 3 до 8 лет) 226 образцов коллекции льна масличного ВИР. Сильная засуха с высокими температурами и суховеями происходила в мае и июне 1992 г., в июне 1995 и 1998 гг., в июле 1996, 1999, 2000 и 2001 гг., в августе 1997 г. Подавляющее большинство образцов коллекции в условиях засухи снижали продуктивность до 40 – 70% от стандарта, а коэффициент устойчивости был 0,22 – 0,83 (табл. 1)

Таблица 1. Образцы льна масличного, наиболее стабильные по семенной продуктивности в засушливые годы

№ по каталогу ВИР	Образец, происхождение	Год	Продуктивность	
			г/м²	% к st
8067	Sv 661709, Швеция	1999	196	104,8
		2000	197	106
		2001	177	110,6
8099	FP 681, Канада	1999	196	104,8
		2000	210	113,5
		2001	179	111,9
8134	FP 930, Канада	1999	220	117,6
		2000	203	109,7
		2001	165	103,1
8156	Северный, Сибирская опыт. ст.	1999	196	104,8
		2000	197	106,5
		2001	181	113,1
8158	Сокол, Сибирская опыт. ст.	1999	212	113,4
		2000	231	124,9
		2001	193	120,6

Примечание. Время засухи – июль

В 1992 г. было оценено 20 образцов коллекции, среди которых не обнаружено устойчивых к засухе и стабильно превосходящих стандарт по семенной продуктивности. Всего за годы испытаний по этому принципу выделилось только 5 образцов, с продуктивностью в засушливые годы на уровне стандарта или с незначительным превышением (см табл. 1), причем таких не обнаружено в годы с засухой в июне. Следовательно, образцов, устойчивых к засухе в течение всего вегетационного периода,

очень мало, и необходим поиск устойчивости в отдельные фазы развития, с тем, чтобы в процессе гибридизации совместить эти признаки в одном генотипе. В 1995 г., когда наблюдалась глубокая засуха в конце мая и в течение всего июня (ГТК 0-0,2), а также частично в июле и августе (табл. 2), оценено 125 образцов коллекции.

Таблица 2. Гидротермический коэффициент в летние месяцы, 1994 – 2000 гг.

Год	Май			Июнь			Июль			Август		
	1-я	2-я	3-я	1-я	2-я	3-я	1-я	2-я	3-я	1-я	2-я	3-я
1994	1,6	0,34	1,27	0,46	1,99	2,6	1,37	0	0,65	1,65	1,59	2,5
1995	0,3	2,2	0,24	0,01	0	0	1,3	0	0,1	0,8	1	0,2
1996	0	1	2,8	1,25	0,5	0,7	0,2	0	0,1	0,3	0	0,4
1997	2,99	3,18	3,63	0,33	1,62	0,3	1,7	1,28	0,18	0	0,03	0,03
1998	0,29	0	0,27	0,05	0	0,34	1,77	0,22	0	0,68	0,31	0,42
1999	0,29	2,02	0,70	0,18	0,37	0,93	0,40	0,17	0,61	0	1,05	1,75
2000	2,0	2,32	0,96	0,45	0,55	2,06	0,73	0	0,05	0,10	1,4	0,80

Примечание. Декады – 1-я, 2-я, 3-я.

Эти же образцы проходили оценку в 1996 г., когда сильная засуха наблюдалась в июле и августе (ГТК 0-0,3). Устойчивость к засухе в указанные годы определяли в сравнении с оценкой этих образцов в более благоприятный по количеству осадков 1994 г. и некоторых – в 1997 г.

В 1998 г. засуха была в мае, июне и конце июля, в 2000 г. – со второй декады июля до середины августа. На этом фоне изучали 40 образцов, сравнение продуктивности которых проводили с оценкой в несколько более благоприятный 1999 г., когда засуха была менее продолжительной и наблюдалась в 1-й декаде июня, 2-й декаде июля и начале августа.

Среди изученных образцов устойчивостью к засухе в период закладки генеративных органов и цветения (1995 и 1998 гг.) выделились 10 образцов (табл. 3). Наиболее высокий коэффициент устойчивости по семенной продуктивности отмечен у местного образца из Сибири (к-3155), американских сортов Bush (к-3969) и Winona 182 (к-2070), образцов из Швеции KVL 5059 (к-7921) и Sv 661 654 (к-7929), образца из Австралии (к-7954). Среди них достоверной устойчивостью к засухе в течение всего вегетационного периода отмечались сибирский местный (к-3155) и американский Bush (к-3969).

По высоте растений выделялись те же образцы, однако коэффициент устойчивости по названному признаку был значительно ниже. Это свидетельствует о том, что при засухе в мае и июне высота растений снижается существеннее, чем семенная продуктивность, которая является главным хозяйственным признаком для масличного льна.

По устойчивости к июльской засухе выделилось 11 образцов, показавшие в период формирования и налива семян в засушливом 1996 г. высокий коэффициент устойчивости по продуктивности семян (табл. 4). Лучшими были образцы из: Аргентины к-7144 и к-4380 (кудряш), сибирский сорт Исилькульский (к-7481), украинский Кировоградский 4 (к-658), местный образец из Сицилии (к-2527, крупносемянный). Образцов, устойчивых к засухе в июне, в этой выборке не обнаружено. Устойчивость на уровне стандарта по семенной продуктивности в 1995 г. при жесткой июньской засухе и высокую устойчивость в 1996 г. при засухе в июле проявил сорт Карабалыкский 7 из Казахстана.

Таким образом, лучшими источниками устойчивости к засухе для селекции на этот признак являются местный образец из Сибири к-3155, американский сорт Bush к-3969 (см. табл. 3) и сорт Карабалыкский 7 из Казахстана. Другие перечисленные образцы являются источниками устойчивости в один из периодов развития растений.

Высота растений при засухе в июле снижалась больше, чем семенная продуктивность. Коэффициент устойчивости по этому признаку почти у всех образцов был на уровне 1 или ниже. Относительно устойчивыми оказались только местный образец из Кубани к-5838 и

сорт Октябрь к-6987. Эти образцы могут быть использованы для селекции сортов льна масличного для двустороннего использования.

Таблица 3. Образцы льна масличного, устойчивые к засухе во время бутонизации и цветения

№ по каталогу ВИР	Образец, происхождение	Год	Продуктивность по семенам			Высота		
			г/м^2	к st	К*	см	к st	К
1339	Южный Алтай, местный	1995[1]	126	111,5	1,21	70	14,7	0,9
		1996[2]	110	57,9	0,63	68	11,5	1,1
		1997[3]	230	92	1	63	112,5	1
2070	Winona 182, США	1994[3]	124	68,9	1,62	76	96,2	1
		1995	127	112,4	1,06	69	113,1	1,1
		1996	140	73,3	1	63	103	1,0
3155	Сибирский край, местный	1995	130	115	2,9	75	122,9	1,1
		1996	110	57,9	1,44	66	108,2	1
		1997	100	40,0	1	60	107,1	1
3969	Bush, США	1994	77	42,8	1	76	96,2	1
		1995	129	114,2	2,67	73	110,7	1,1
		1996	120	63,2	1,48	75	122,9	1,2
4001	Com. Fiber, США	1994	82	72,5	1	77	97,5	1
		1995	126	111,5	1,54	73	119,7	1,2
		1996	120	63,2	0,87	61	100	1,0
7809	Карабалыкский 7, Казахстан	1994	170	94,4	1	73	92,4	1
		1995	130	115	1,22	65	106,6	1,2
		1996	310	163	1,73	53	86,9	1
7921	KVL 5059, Швеция	1998[1]	123	148,2	1,44	43	110,3	1,1
		1999[3]	199	102,7	1,0	55	94,8	1,0
		2000[2]	142	76,6	0,74	44	102,3	1,1
7929	Sv 661 654, Швеция	1998	126	151,8	1,24	42	107,7	1,1
		1999	229	122,5	1,0	59	101,7	1,0
		2000	151	81,6	0,67	44	102,3	1,0
7954	CI 1888-8, Австралия	1998	114	137,0	1,48	36	92,3	0,9
		1999	172	92,0	1,0	61	105,2	1,0
		2000	163	88,1	0,96	48	106,9	1,0
5579	Воронежский 1308, стандарт	1994	180	100		79	100	
		1995	113	100		61	100	
		1996	190	100		61	100	
		1997	40	100		28	100	
		1998	83	100		39	100	
		1999	187	100		58	100	
		2000	185	100		43	100	

* Достоверно при 0,5%-ном уровне значимости.
Здесь и далее: К* – коэффициент устойчивости к засухе.
[1] Годы с засухой в июне, [2] – годы с засухой в июле, [3] – благоприятные годы.

Образцов, не снижающих во время засухи массу 1000 семян, выявлено не было. Содержание масла в семенах также снижалось, однако у перечисленных выше наиболее устойчивых во время бутонизации и цветения образцов коэффициент устойчивости по этому признаку был близок к 1.

У всех образцов, устойчивых к засухе во время созревания, он также был около 1 или немного выше (табл. 5).

По выходу масла с делянки при сильной засухе в июле и августе 1996 г. в сравнении с более влажным 1994 г. выделился сорт Карабалыкский 7 (К1,64) и все образцы, устойчивые во время налива и созревания семян. Их коэффициент устойчивости — 1,4 – 3,6.

Таблица 4. Образцы льна масличного, устойчивые к засухе во время созревания

№ по каталогу ВИР	Образец, происхождение	Год	Продуктивность по семенам			Высота		
			г/м²	% к st	К	см	% к st	К
2527	Сицилия, местный	1994[3]	160	88,9	1	59	74,4	1
		1995[1]	87	77	0,87	61	100	1,34*
		1996[2]	320	168,4*	1,89	44	72	0,97
4380	Аргентина, местный	1994	140	77,8	1	76	96,2	1
		1995	78	69,3	0,89	64	104,9	1,09
		1996	380	200*	2,57	52	85,2	0,88
5838	Кубань, местный	1994	160	88,9	1	80	101,3	1
		1995	90	79,6	0,89	69	113*	1,1
		1996	240	126,3*	1,42	75	123*	1,21*
5850	Уджан, Таджикистан	1994	170	94,4	1	74	93,7	1
		1995	69	61,1	0,64	64	104	1,11
		1996	250	131,6*	1,39	56	91,8	0,98
6057	Гукасянский 17, Армения	1994	150	83,3	1	60	75,9	1
		1995	90	79,6	0,95	51	83,3	1,1
		1996	300	157,9*	1,89	61	100	1,32*
6587	Кировоградский 4, Украина	1994	130	72,2	1	72	91,1	1
		1995	79	70	0,97	59	96,7	1,06
		1996	270	142*	1,97	53	86,9	0,95
6588	Кировоградский 11, Украина	1994	170	94,4	1	78	98,7	1
		1995	86	76,1	0,81	59	96,7	0,98
		1996	320	168,4*	1,78	55	90,2	0,91
6987	Октябрь, Россия	1994	130	72,2	1	70	88,6	1
		1995	73	64,6	0,89	55	90,2	1,02
		1996	230	121,1	1,68	69	113,1*	1,28*
7144	Р 6899, Аргентина	1994	120	66,7	1	75	94,9	1
		1995	74	87,6	1,05	62	101,6	1,07
		1996	380	200*	3	62	101,6	1,07
7481	Исилькульский, Сибирская опыт. ст., ВНИИМК	1994	151	83,3	1	78	98,7	1
		1995	99	87,6	1,05	66	108,2	1,1
		1996	390	205,3*	2,46	60	98,4	1
7809	Карабалыкский 7, Казахстан	1994	170	94,4	1	73	92,4	1
		1995	130	115	1,22	65	106,6	1,15
		1996	310	163*	1,73	53	86,9	0,94
5579	Воронежский 1308, стандарт	1994	180	100	1	79	100	1
		1995	113	100	0,63	61	100	0,77
		1996	190	100	1,05	61	100	0,77
НСР				21,3	0,34		5,16	0,1

*Достоверно при 0,5%-ном уровне значимости.

Таким образом, сравнение оценок, полученных при изучении образцов в контрастных условиях прохождения фенологических фаз, позволило выделить образцы, продуктивность которых была высокой за счет устойчивости к засухе в период закладки генеративных органов и цветения (май – июнь) или в период формирования и налива семян (июль – август). Выявлены образцы, устойчивые в оба периода. Необходимо отметить, что последние встречаются крайне редко.

В результате оценки 226 образцов коллекции льна масличного на устойчивость к засухе выделилось значительное количество источников устойчивости для селекции на этот признак. Было показано, что их география довольно обширна. Дальнейший поиск таких источников следует продолжать среди образцов из Сибири, Казахстана, Украины, Швеции, США.

Таблица 5. Образцы льна масличного, выделившиеся при засухе во время созревания по содержанию масла в семенах и его выходу с делянки

№ по каталогу ВИР	Образец, происхождение	Год	Содержание масла в семенах			Выход масла с делянки		
			%	% к st	К	г/м^2	% к st	К
5850	Уджан, Таджикистан	1994	33,8	98,1	1	58	93,5	1
		1996	38,1	102,2	1,04	95	135,7	1,45
6057	Гукасянский 17, Армения	1994	35,7	103,6	1	54	87,1	1
		1996	38,7	103,8	1,0	116	165,7	1,9
6987	Октябрь, Россия	1994	32,9	95,5	1	43	69,3	1
		1995	41,9	112,4	1,18	96	137,1	1,97
7144	Р 6899, Аргентина	1994	31,9	92,6	1	38	61,3	1
		1996	36,8	98,7	1,06	140	200	3,26
7481	Исилькульский, Сибирская опыт. ст.	1994	33,4	96,9	1	51	82,2	1
		1996	40,7	109,2	1,13	159	227,1	2,8
7809	Карабалыкский 7, Казахстан	1994	38,4	111,4	1	65	104,8	1
		1996	38,7	103,8	0,97	120	171,4	1,64
5579	Воронежский 1308, стандарт	1994	38,4	100	1	62	100	1
		1996	37,3	100	0,97	70	100	1,0

Литература

1. *Глуховцев В. В.* Изучение устойчивости ярового ячменя к неблагоприятным биотическим факторам // Аграрная наука. М., 1995. № 2. С. 83 – 86.
2. *Доспехов Б. А* . Методика полевого опыта. М., 1968.
3. *Калинин Н. И.* Агроклиматическая оценка обеспеченности яровой пшеницы влагой // Тр. по прикл. бот., ген. и селек. Л.: ВИР, 1975. Т. 55, вып. 3.
4. *Кутузова С. Н., Санин А. А., Игонина Е. Б.* Лен масличный в условиях Самарской области // Тр. по прикл. бот., ген. и сел. СПб.: ВИР, 1999. Т. 156. С. 66 – 69.
5. *Методические указания*. Изучение коллекции льна *Linum usitatissimum* L./Сост. Кутузова С. Н., Питько А. Г. Л.: ВИР, 1988. 29 с.
6. *Санин А. А., Глуховцева Н. И.* Лен масличный – перспективная культура Среднего Поволжья // Селекция, экология, технологии возделывания и переработки нетрадиционных растений. Симферополь, 1996. С. 48 – 49.

УРОЖАЙНОСТЬ КАК ПРОИЗВОДНАЯ ПОТЕНЦИАЛЬНОЙ ПРОДУКТИВНОСТИ И АДАПТИВНОСТИ СОРТОВ ЗЕМЛЯНИКИ

А. А. Мартынова, А. А. Юшев

Государственный научный центр РФ Всероссийский научно-исследовательский институт растениеводства им. Н. И. Вавилова РАСХН, Санкт-Петербург, Россия,
e-mail: MartynovaAlla@yandex.ru; a.yushev@vir.nw.ru

Резюме

В статье приведены итоги изучения 49 образцов земляники в условиях Заполярья европейской части России. Дана оценка адаптивности и продуктивности растений земляники. Установлены причины слабой зимостойкости и урожайности.

YIELDING ABILITY AS A FUNCTION OF POTENTIAL PRODUCTIVITY AND ADAPTABILITY OF STRAWBERRY CULTIVARS

A. A. Martynova, A. A.Yushev
StateScientific Centre N. I. Vavilov All-Russian Research Institute of Plant Industry of RAAS,
St. Petersburg, Russia, e-mail: MartynovaAlla@yandex.ru; a.yushev@vir.nw.ru

Abstract

In clause results of studying of 49 samples of wild strawberry in conditions north of the European part of Russia are resulted. The estimation of adaptability and efficiency of plants of wild strawberry is given. The reasons of weak winter hardiness and productivity are established.

Урожайность является показателем, отражающим комплексное воздействие всех факторов, оказывающих влияние на растение во время его развития. Ее уровень есть результат компромисса между продуктивностью и адаптивностью сорта. Если в благоприятных условиях преимущество получают сорта с высокой потенциальной продуктивностью, то в неблагоприятных – с высокой экологической пластичностью [2]. В неблагоприятных условиях внешней среды экологическая устойчивость – важнейшее условие реализации их потенциальной продуктивности [1].

Заполярье европейской части России, куда входит Мурманская обл., относится к зоне рискованного земледелия. Для него характерны: слабое прогревание воздуха, продолжительная зима, недостаточная продолжительность вегетационного периода, обилие весенних и осенних заморозков, полярные ночь и день, неблагоприятные почвенные условия, которые сказываются не только на урожайности растений, но и на их адаптивности.

Цель нашей работы изучить адаптацию и потенциальную продуктивность земляники (*Fragaria* L.) в условиях Мурманской области и их влияние на урожайность.

Работа выполнена на участке первичного сортоизучения земляники в Филиале ГНУ ГНЦ РФ ВИР «Полярная опытная станция» (ПОСВИР), расположенном в г. Апатиты Мурманской обл.

Исследования проводили в соответствии с методиками по сортоизучению ВНИИ растениеводства им. Н. И. Вавилова (1970 г.) [4] и ВНИИСПК (1999 г.) [5]. В качестве климатических характеристик использовали метеоданные ГУ «Мурманского УГМС» г. Апатиты.

Объектами изучения служили сорта *Fragaria* × *ananassa* Duch. различного эколого-географического происхождения, а также образцы, собранные в результате обследований Мурманской обл., и перспективные селекционные гибриды прошлых лет скрещиваний (автор кандидат сельскохозяйственных наук С. Д. Елсакова), всего 49 образцов. В качестве контроля служил сорт Хибинская Красавица, выведенный в ПОСВИР. Он включен в Государственный реестр селекционных достижений и районирован по Мурманской обл.

Важнейшим лимитирующим признаком, определяющим возможность выращивания земляники в условиях Мурманской обл., является зимостойкость.

Анализ температурных условий осенне-зимнего периода показал, что основными факторами, влияющими на зимостойкость растений в условиях Мурманской обл., являются отрицательные (ниже -20°С) осенние температуры при отсутствии снежного покрова (r = +0,79), продолжительное пребывание (больше 160 дней) растений земляники под снегом (r = +0,96) и положительные температуры под снегом (выше +5°С) на уровне залегания рожков (r = +0,83). В зависимости от одного из этих негативных факторов наблюдались различные типы повреждений, такие как подмерзание листьев или верхушечной почки, повреждение сердцевины рожков и корней, гибель растений от физиологического истощения.

За время проведения исследований была зафиксирована гибель 7 образцов: Beaver Early, Polka, Rugen, M 1-05, M 2-05, M 4-05 и M 5-05. Состояние других образцов значительно различалось. У большинства из них отмечалась частичная – 5,0–30,0% – гибель растений, или 10,0–75,0% рожков, или 5,0–50,0% зачатков цветоносов. Как следствие, растения имели

ослабленный рост, были невыровнены по силе роста, большинство из них имело мелкие листья. Весной отрастание молодых листьев и формирование новых рожков у них проходили с опозданием.

В среднем у изученных образцов зимостойкость оценивалась на 0,3–3,7 балла. Наименьший средний балл повреждений отмечен у гибрида 632-2 и контрольного сорта Хибинская Красавица – 0,3 балла, наивысший – у сорта Rapella (4 балла). Стабильно хорошее состояние растений наблюдали у гибрида 632-2 и сортов Юния Смайдс, Zefir и Хибинская Красавица (К).

По результатам изучения зимостойкости, изученные образцы дифференцированы нами на 5 следующих групп:

I. Высокозимостойкие – 632-2, Хибинская Красавица (К).

II. Зимостойкие – 837-4, 715-5, 818-10, 823-3, Beaver Ruby, Shuswap, Кубенская, Курземниеце, Юния Смайдс, Glooscap, Zefir.

III. Среднезимостойкие – Macherauch's Fruhernte, 818-11, Empire, M 6-05, Chandler, Алые Паруса, Альфа, Горноуктусская, Нора, Korona, Бердская Ранняя, Багряная, Деданка, Селянка, Коррадо, Мишутка.

IV. Малозимостойкие – Витязь, Кокинская Ранняя, Торпеда, Primella, Восход, Орлец, Балерина, Росинка, Деснянка Кокинская, Калинка, Красноярка, M 3-05, Отличница.

V. Незимостойкие – Rapella, Beaver Early, Rugen, M 1-05, M 2-05, M 4-05, M 5-05, Polka.

Нами отмечена четкая закономерность снижения числа цветоносов на растении в зависимости от зимостойкости образца. Чем ниже зимостойкость образца, тем меньше цветоносов формировалось на одном растении (r = +0,96). В среднем растения из малозимостойкой и незимостойкой групп имели на 3–6 цветоносов меньше, чем из зимостойкой. Также пропорционально снижению зимостойкости растений уменьшалось число цветков на цветоносе (r = +0,98).

Согласно многолетним наблюдениям сотрудников «Полярной опытной станции ВИР» С. Д. Елсаковой и Т. В. Романовой, в Мурманской обл. к вредоносным болезням земляники относятся серая гниль, белая, бурая и угловатая пятнистости листьев и мучнистая роса, к вредителям – земляничный (прозрачный) клещ, земляничный листоед и ягодный клоп [3].

Согласно нашим исследованиям, наибольшие потери урожая ягод приходились на поражение растений серой гнилью. Потери урожая ягод по сортам составляли 2,8–28,4%, у контрольного сорта Хибинская Красавица – 24,7%. Средняя степень поражения варьировала от 0,5 до 3,0 баллов. Относительную полевую устойчивость проявили сорта Багряная, Мишутка, Росинка, Курземниеце, Калинка, Shuswap.

Поражаемость образцов белой пятнистостью в среднем составляла 0,5–2,5 баллов. Наибольшие повреждения (3,5–4,0 балла) отмечены в 2008 г. (в год значительного развития болезни) у сортов Восход, Деданка, Красноярка, Кубенская, Primella (3,5–4 балла). Поражаемость растений мучнистой росой, бурой и угловатой пятнистостями в годы исследований не превышала 1,0 балла.

Из вредителей наибольшее поражение причинял земляничный листоед (1,0–1,5 балла). Повреждения другими вредителями были незначительными – до 0,7 балла.

По результатам полевой оценки нами выделены сорта, проявляющие комплексную устойчивость к болезням и вредителям: Багряная, Мишутка, Калинка.

Корреляционный анализ показал, что основными слагаемыми потенциальной продуктивности являлись: число цветоносов на одном растении (r = +0,0,86), число цветков в одном цветоносе (r = +0,75) и (в меньшей степени) средняя масса ягоды (r = +0,60).

На основании изучения сделан вывод, что высокая потенциальная продуктивность была свойственна гибриду 632-2 (2006 г. 984 г/п. м.; 2007 г. 3584 г/п. м.; 2008 г. 5062,5 г/п. м.). Достаточно высокие показатели имели сорта Юния Смайдс, Zefir и Альфа. У гибрида 632-2, сортов Юния Смайдс и Zefir это объясняется высокими значениями всех слагаемых потенциальной продуктивности, в то время как у сорта Альфа в первую очередь высокой средней массой 1 ягоды, которая составляла 15,3 г.

Оценку урожайности проводили по 43 образцам земляники (табл.).

Урожайность земляники по годам, т/га

Образец	2006	2007	2008	Среднее
632-2 (гибрид)	2,3	8,8	9,9	7,0
Хибинская Красавица (К)	2,5	8,6	9,8	6,9
Юния Смайдс	1,4	9	8,9	6,4
Zefir	1,6	5,8	6,3	4,6
Курземнице	1,5	4,1	5,9	3,8
Кубенская	1,6	3,4	6,1	3,7
Macherauch's Fruhernte	0,9	4,6	4,0	3,2
715-5	0,7	4,4	3,5	2,9
Нора	0,6	3,5	3,9	2,7
Росинка	0,8	3,5	3,9	2,7
Селянка	0,9	3,9	2,9	2,6
818-10	0,6	3,8	3,0	2,5
818-11	0,6	4,8	2,1	2,5
Beaver Ruby	0,6	3,1	3,7	2,5
Chandler	1,0	3,2	3,4	2,5
Альфа	0,8	3,4	3,1	2,4
М 6-05	1,3	2,9	3,1	2,4
Shuswap	0,9	2,9	2,8	2,2
Красноярка	0,4	2,7	3,3	2,1
823-3	0,6	3,1	2,2	2,0
Калинка	0	2,6	1,5	2,0
Empire	0,9	2,1	2,7	1,9
Glooscap	0,5	2,8	2,3	1,9
Korona	1,4	2,6	1,8	1,9
Бердская Ранняя	0,6	3,1	2,0	1,9
Горноуктусская	0,8	2,3	2,7	1,9
837-4	1,1	2,3	2,1	1,8
Коррадо	0,6	2,1	2,5	1,7
Кокинская Ранняя	0,9	1,8	2,1	1,6
Мишутка	0,4	1,9	2,5	1,6
Деданка	0,5	2,1	2,0	1,5
Торпедо	0,3	2,2	2,1	1,5
Rapella	0,9	1,0	1,9	1,4
Багряная	0,5	1,8	1,9	1,4
М 3-05	0	1,2	1,7	1,4
Орлец	0,5	1,8	1,8	1,4
Балерина	0,5	1,8	1,7	1,3
Деснянка Кокинская	0,5	2,0	1,5	1,3
Primella	0,5	1,7	1,4	1,2
Алые Паруса	0,7	1,7	1,2	1,2
Отличница	0,5	1,3	1,8	1,2
Восход	0,5	1,3	1,6	1,1
Витязь	0,4	1,2	1,5	1,0
Среднее	0,8±0,5	3,1±1,9	3,1±2,1	
$НСР_{0,05}$ = 0,12 $НСР_{0,01}$ = 0,16				

Средняя урожайность контрольного сорта Хибинская Красавица составила 6,9 т/га. Превзошел контроль гибрид 632-2–7,0 т/га. Также выделился сорт Юния Смайдс – 6,4 т/га. Урожайность большинства образцов не превышала 2,0 т/га.

На основании корреляционного анализа основным фактором установлено, что

основными факторами, влияющими на урожайность земляники в условиях Мурманской обл., являются продуктивность сорта (r = +0,83) и его зимостойкость (r = +0,69).

По мере возрастания продуктивности у ряда сортов экологическая устойчивость падает, а у других идет одновременное повышение.

К слагаемым потенциальной продуктивности относятся: число цветоносов на одном растении (r = +0,0,86), число цветков на одном цветоносе (r = +0,75) и в меньшей степени средняя масса ягоды (r = +0,60).

Литература

1. *Гончарова Э. А.* Стратегия изучения физиологического базиса адаптации растительных ресурсов / Э.А. Гончарова // Тр. по прикл. бот., ген. и сел. СПб., 2007. Т. 164. 329 с.
2. *Ищенко Л. А.* Биологические механизмы регуляции у плодовых растений в условиях холодовых стрессов / Л. А. Ищенко, И. Н. Чеснокова, Е. Ю. Фирсова, А. В. Ващук, М. И. Козаева, Н. Н. Федорчук, А. Е. Соловченко // Научн. основы устойчивости садоводства в России: Сб. докл. конф. ВНИИС им. И. В. Мичурина. Мичуринск. 1999. С. 37–39.
3. *Отчеты* о работе группы ягодных культур Полярной опытной станции ВИР // Романова Т. В., на правах рукописи. Филиал ГНУ ГНЦ РФ ВИР «Полярная опытная станция». 2000–2003.
4. *Программа* и методика изучения сортов коллекции плодовых, ягодных, субтропических, орехоплодных культур и винограда. Л.: ВИР, 1970.
5. *Программа* и методика изучения плодовых, ягодных, орехоплодных культур и винограда. Орел: ВНИИСПК, 1999.

ПРОГНОСТИЧЕСКИЕ ОЦЕНКИ ИЗМЕНЕНИЙ ПРОДУКТИВНОСТИ И МЕЖГОДОВОЙ ИЗМЕНЧИВОСТИ УРОЖАЕВ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ КУЛЬТУР ПРИ ОЖИДАЕМОМ ГЛОБАЛЬНОМ ПОТЕПЛЕНИИ

Г. В. Менжулин, А. А. Павловский

Центр междисциплинарных исследований по проблемам окружающей среды РАН, Санкт-Петербург, Россия, e-mail: menz2007@yandex.ru

Резюме

Агроклиматические последствия ожидаемых изменений климата одни из наиболее существенных в ряду многих экономических и экологических последствий этого глобального феномена. Многофакторный характер таких последствий в большой степени определяется повышением концентрации углекислого газа и возможными изменениями межгодовой вариабельности урожайности. В статье анализируются результаты натурных экспериментов по выращиванию ряда сельскохозяйственных культур при повышенном фоне концентрации углекислого газа, а также расчетов временной динамики аномалий урожайности пшеницы в разных регионах с привлечением новейших сценариев изменений климата до середины настоящего столетия.

PREDICTIONS OF CROP PRODUCTIVITY AND YEAR-TO-YEAR VARIABILITY CHANGES UNDER THE EXPECTED GLOBAL WARMING

G. V. Menzhulin, A. A. Pavlovsky

Research Centre of Interdisciplinary Environmental Cooperation of RAS, St.Petersburg, Russia, e-mail: menz2007@yandex.ru

Abstract

Agroclimatic consequences of the expected climatic changes are among the most significant ones among numerous economic and ecological effects of this global phenomenon. The multifactor character of such consequences is determined to a large degree by the rising carbon dioxide concentration and possible changes in the year-to-year yield variability. The paper analyzes the results of some direct experiments with

cultivating a number of crops at an increased CO_2 level, as well as of calculations of temporal dynamics of anomalies in wheat productivity in different regions using the latest climate change scenarios until mid-21st century.

Введение

Среди множества последствий от ожидаемого глобального потепления одними из наиболее экономически значимых являются последствия от воздействия ожидаемых изменений климата на сельское хозяйство [5]. От оценок их достоверности в немалой степени зависит результирующий вывод об экономическом значении современных изменений климата и ответ на вопрос о стратегии приспособления к феномену глобального потепления. Важность разработки вопроса о последствиях изменений климата в сельском хозяйстве подтверждается цифрами экономического ущерба от неблагоприятных погодных условий, который даже в странах с относительно устойчивым и благоприятным климатом составляет больше половины от суммы потерь во всех остальных вместе взятых отраслях экономики. Понятно, что проблема агроклиматических последствий от глобального потепления одна из приоритетных и для России.

Прямое физиологическое влияние повышения концентрации углекислого газа на продуктивность сельскохозяйственной растительности

Важной компонентой исследования реакции сельскохозяйственных культур на изменение факторов окружающей среды являются оценки тенденций изменений агроклиматических ресурсов и среднего уровня (нормы) продуктивности растений. Исследования в данном направлении позволят обрисовать картину будущего территориального распределения посевов, как уже культивируемых, так и новых видов и сортов в перспективе ценных для сельского хозяйства нашей страны культур. Этот вопрос достаточно подробно рассматривался во многих работах, в том числе и в исследованиях авторов данной статьи [4].

Весьма важен для оценки перспектив развития сельского хозяйства, как в глобальном аспекте, так и применительно к отдельным регионам, вопрос о прямом физиологическом влиянии повышения уровня CO_2 на продуктивность растений. Подъем научного интереса к этому вопросу уже имеет довольно продолжительную историю. К сожалению, физиологически сложное и многофакторное воздействие роста CO_2 на фотосинтез и продукционный процесс не позволяет адекватно его учесть в рамках имеющихся механистических моделей. Большое значение в этой связи имеют эксперименты, проводимые в рамках широкого международного проекта FACE, некоторые результаты их приведены в таблице [7]. Выявленное существенное влияние роста CO_2 на показатели продуктивности практически всех культур позволяет надеяться на то, что этот феномен вместе с другими изменяющимися факторами будет способствовать росту производства продовольствия в мире.

Изменения климата и повторяемость аномалий урожайности

Как уже отмечалось, по тематике влияния изменений климата на продуктивность сельскохозяйственных культур проводятся широкие исследования, результаты которых отражены в большом количестве публикаций. Вместе с тем следует отметить, что в своем большинстве они посвящены вопросам изменения осредненной продуктивности при изменении гидротермического режима и увеличении концентрации углекислого газа. Вопрос же изменений повторяемости экстремальных, прежде всего засушливых, явлений анализируется значительно реже. Однако нельзя не согласиться с тем, что именно этот вопрос может стать одним из главных при окончательном выводе об агроклиматических последствий развивающегося глобального потепления [2, 5].

В настоящем исследовании для оценки возможных изменений повторяемости аномальных в сельскохозяйственном отношении лет в различных регионах России используется разработанная авторами методика статистического моделирования динамики аномалий урожайности сельскохозяйственных культур, в первую очередь зерновых, и оценки

их изменений при глобальном потеплении. Приведенные ниже результаты относятся к главной для России зерновой культуре – озимой пшенице.

В предлагаемой методике, как и в большинстве классических агроклиматических исследований, при построении регрессионных моделей аномалий урожайности в качестве метеорологических предикторов используются значения температуры приземного воздуха и атмосферных осадков в месяцы вегетационного сезона. Необходимыми для построения статистических моделей данными являются продолжительные непрерывные ряды показателей урожайности для отдельных территориальных единиц исследуемых регионов России. Источниками их стали статистические архивы Госкомстата СССР и России. Продолжительность рядов урожайности озимой пшеницы в областях России составила более 50 лет – с 1945 по 2008 гг., с отдельными промежутками в один-два года [1, 3]. В качестве основного источника метеорологической информации использовались архивы Центра климатической информации США [9]. В некоторых случаях использовался архив данных по 223 станциям бывшего СССР, подготовленный во Всероссийском научно-исследовательском институте гидрометеорологической информации [6]. В исследовании использовались данные по температуре и осадкам ближайших к регионам выращивания пшеницы метеорологических станций.

Важнейший этап исследования влияния погодно-климатических факторов на аномалии (урожайность) – получение однородных рядов показателей, как урожайности, так и метеорологических факторов, что требует решения задачи «вычленения» трендов − длиннопериодной компоненты изменчивости и урожайности, и метеорологических факторов. Следует отметить, что тренды, присутствующие в рядах урожайности, обусловлены, прежде всего агротехнологическими факторами: ростом использования удобрений, механизацией, внедрением новых сортов, разработкой средств и мер по борьбе с вредителями и т. д.

Влияние концентрации CO_2 на увеличение фотосинтеза и биомассы некоторых культур, %

Культура	Фотосинтез						Сухая биомасса					
	650		950		1250		650		950		1250	
	n	%	n	%	n	%	n	%	n	%	n	%
Зерновые и бобовые												
Пшеница	83	65	–	–	4	80	214	33	14	50	9	22
Пшеница дурум	–	–	–	–	–	–	–	–	2	61	–	–
Рис	64	50	6	45	1	56	149	35	15	172	–	–
Ячмень	13	55	2	32	–	–	17	39	4	51	–	–
Соя	78	55	8	81	–	–	1621	48	-	66	3	61
Подсолнечник	13	42	1	72	–	–	11	38	4	32	4	73
Кукуруза	21	29	–	–	–	–	20	21	6	38	–	–
Сорго	9	27	–	–	–	–	24	19	19	41	–	–
Арахис	5	36	–	–	1	-27	24	84	–	–	1	35
Бобы	24	56	4	158	2	-10	17	64	2	72	6	71
Горох	4	38	–	–	–	–	11	33	–	–	–	–
Корнеплодные												
Картофель	15	33	2	3	–	–	33	30	11	45	1	71
Свекла	7	45	–	–	–	–	24	80	–	–	–	–
Морковь	5	78	–	–	–	–	5	78	–	–	–	–
Батат	5	39	–	–	–	–	6	34	1	148	–	–
Редька	8	30	–	–	–	–	18	75	5	46	–	–
Маниок	2	74	–	–	–	–	2	74	–	–	–	–
Овощные												
Капуста кочанная	5	29	9	60	–	–	5	29	9	60	–	–

Лук репчатый	–	–	1	22	–	–	–	–	1	40	–	–
Салат-латук	–	–	–	–	–	–	2	19	4	56	1	115
Томаты	13	23	12	40	6	3	35	32	37	32	9	47
Кормовые	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
Люцерна	19	25	–	–	–	–	70	33	–	–	2	64
Технические												
Рапс	–	–	–	–	–	–	17	53	3	37	–	–
Табак	7	83	3	125	1	190	6	61	–	–	–	–
Хлопчатник	18	46	1	111	–	–	32	64	1	27	–	–
Сахарный тростник	9	55	–	–	–	–	2	26	–	–	–	–

Примечание. Цифры в заголовке – ppm, n – количество экспериментов.

Влияние технологического уровня развития сельскохозяйственного производства на урожайность существенно затрудняет исследование эффектов ее погодно-климатической изменчивости, которая, несмотря на общий рост урожайности, продолжает оставаться существенной. Таким образом, исследование изменчивости аномалий урожайности включает не только агроклиматическую, но и агротехнологическую компоненту [4]. Оценка технологических трендов практически всегда затруднена отсутствием конкретной информации об определяющих их экономических факторах. Получение информации о временной динамике отдельных технологических факторов для небольших территориальных единиц представляется невозможным. Поэтому исследователи ограничиваются использованием априорных упрощенных видов трендов урожайности, прежде всего линейных. Однако понятно, что априорное задавание вида тренда не может не исказить реальную динамику как экономической компоненты роста урожайности, так и колебания урожайности, вызванные межгодичной вариабельностью метеорологических факторов. Особенно существенно это может проявиться при обработке данных по урожайности для большого количества мелких территориальных единиц, в которых показатели динамики могут существенно отличаться друг от друга. Из сказанного следует, что априорно невозможно сказать, какой из выбираемых для анализа трендов урожайности единственно «правильный». По этой причине в нашем исследовании был использован метод построения ансамбля регрессионных моделей, основанный на применении широкого набора трендов для каждого из рядов урожайности.

Очевидно, что продолжительные ряды метеорологических элементов, которые понадобятся для построения регрессионных моделей аномалий урожайности, также содержат длиннопериодную компоненту изменчивости. И в этом случае использование априорных трендов также представляется нежелательным. Динамика метеорологических факторов в месяцы вегетационного сезона на различных станциях может сильно различаться даже в пределах одного климатического региона. При расчетах применительно к разным климатическим регионам это может проявиться в еще большей степени.

Таким образом, основная идея предлагаемого метода построения эмпирико-статистических моделей влияния аномалий погодных факторов на аномалии урожайности заключается в отказе от выбора одного единственного априорного «наилучшего» тренда, но в использовании наборов разнообразных трендов. Другими словами, задача статистического моделирования влияния погодных факторов на урожайность становится задачей построения широкого ансамбля регрессионных моделей, в каждой из которых реализуется комбинация из всех возможных предиктантов урожайности и предикторов метеорологических факторов.

Для выделения длиннопериодной компоненты урожайности $y(i)$ в наших расчетах использован «ансамбль» трендов $Y_k(i)$, состоящий из восьми полиномов (от линейной функции до полинома 8-й степени) и восьми экспоненциальных функций, показателями которых являются полиномы до восьмой степени. В качестве показателя урожайности (предиктанта) использована относительная аномалия урожайности η_k, рассчитываемая по

формуле: $\eta_k(i) = [y(i) - Y_k(i)]/Y_k(i)$. Для выделения трендов из рядов метеорологических показателей используются «ансамбли» трендов T_k, P_k, каждый состоящий из пяти полиномов (от линейной функции до полинома 5-й степени). С их помощью рассчитывались метеорологические показатели (предикторы) – относительные аномалии температуры τ_k и осадков π_k: $\tau_k(i) = [t(i) - T_k(i)]/T_k(i)$; $\pi_k(i) = [p(i) - P_k(i)]/P_k(i)$, где $t(i)$, $p(i)$ – значения средней температуры воздуха и атмосферных осадков в месяц i вегетационного сезона, $T_k(i)$, $P_k(i)$ – трендовые значения метеорологических факторов в этот же месяц в год i. В итоге, после обработки исходной информации, для каждой области получается набор из 16 значений предиктанта (относительной аномалии урожайности) и 60 значений предикторов (относительных аномалий температуры и осадков для каждого месяца вегетационного сезона) [2].

Построение статистических моделей осуществляется путем нахождения наилучшей регрессионной модели среди всех возможных многофакторных регрессий, которые могут быть получены с помощью указанных наборов значений показателей урожайности и метеорологических факторов. В качестве основного критерия качества уравнений регрессии используется коэффициент детерминации, скорректированный на количество степеней свободы – $R^2_{кор.}$, при этом отбираемые предикторы должны быть статистически значимыми (по t-критерию Стьюдента). Отсутствие в рядах остатков автокорреляционных связей проверяется по критерию Дарбина–Уотсона. Для реализации построенной схемы была составлена специальная компьютерная программа, алгоритм которой позволял проводить расчеты до шестифакторных регрессий включительно. Примеры модельных воспроизведений исторической динамики аномалий урожайности для Ленинградской ($R^2_{кор.}$ = 0,57) и Псковской ($R^2_{кор.}$ = 0,71) областей представлены на рис. 1. При построении прогностических оценок динамики аномалий урожайности в качестве источника МГЭИК (IPCC) для расширенного использования в исследованиях, посвященных последствиям современных изменений климата [8].

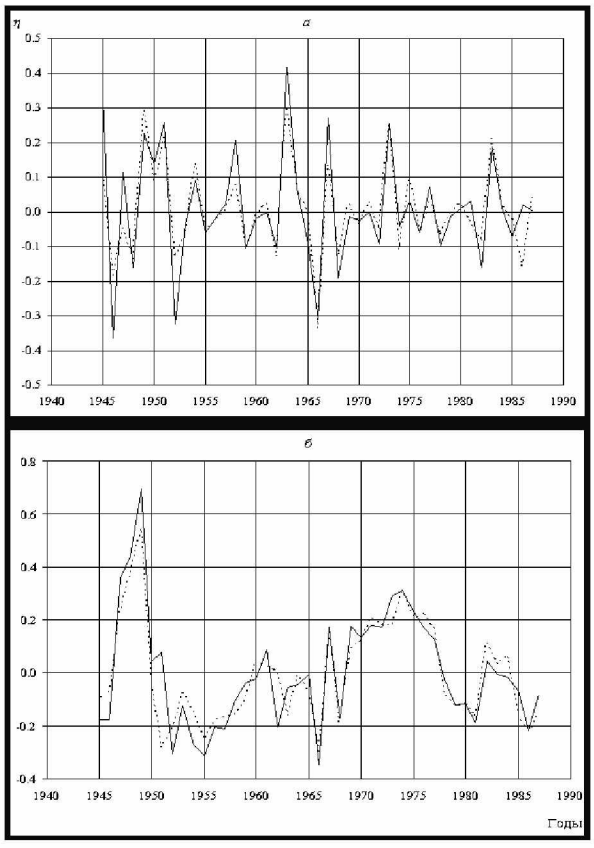


Рис. 1. Примеры модельных воспроизведений исторической динамики аномалий урожайности озимой пшеницы: сплошные линии – историческая, прерывистые линии – модельная; *а* – Ленинградская обл., *б* – Псковская обл.

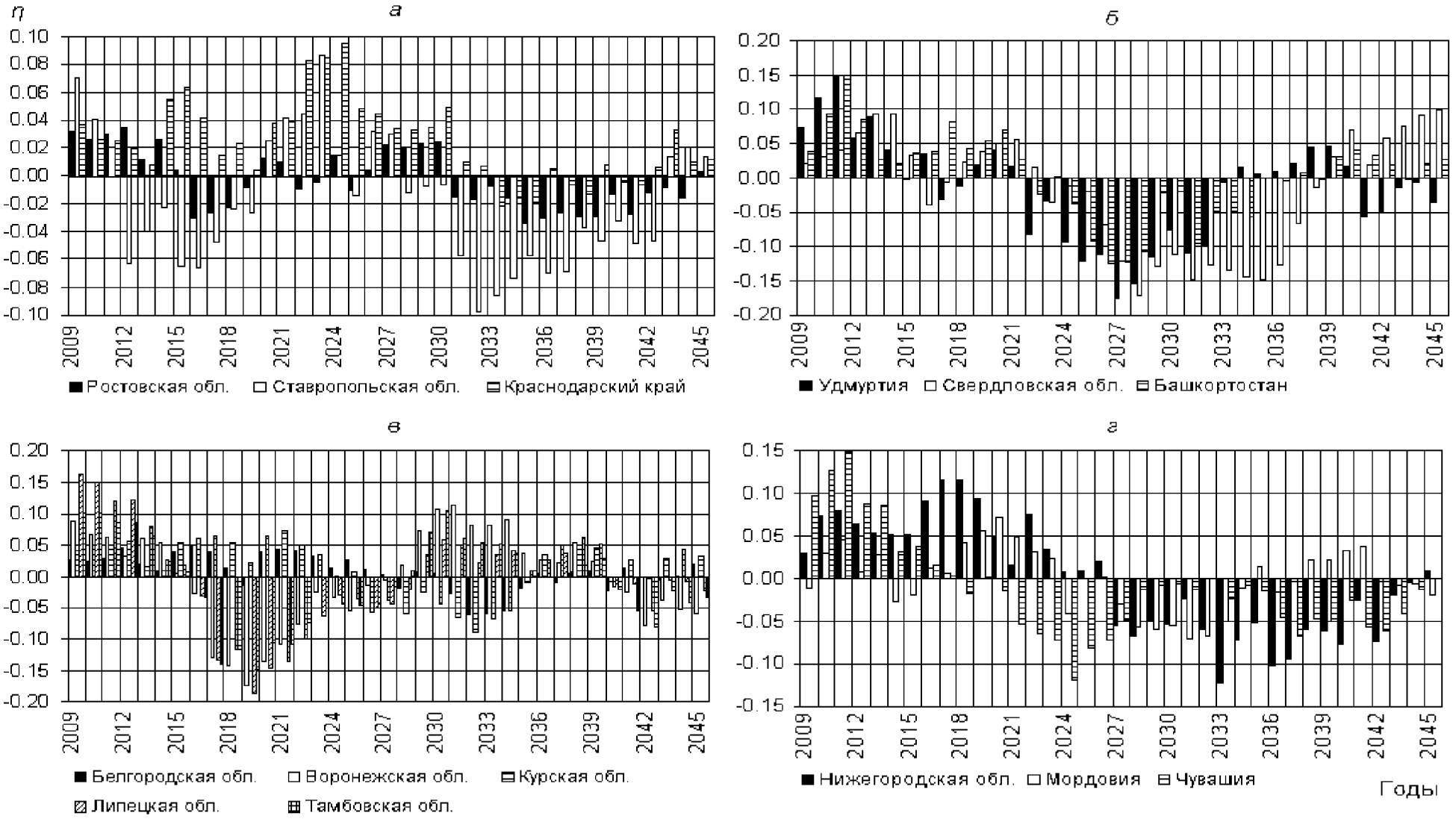


Рис. 2. Прогностическая динамика аномалий урожайности озимой пшеницы, рассчитанная по климатическому сценарию ECHAM5 MPI-OM.
***а* – Северо-Кавказский район, *б* – Уральский район, *в* – Центрально-Черноземный район,**
***г* – Волго-Вятский регион**

Построенные модели позволяют рассчитать прогностическую динамику аномалий урожайности, если в качестве входных метеорологических параметров будут использоваться ряды аномалий температуры и осадков. В связи с этим, как и в случае исторической метеорологической информации, снова встает задача выделения длиннопериодной компоненты изменчивости из прогностических рядов метеорологических факторов. Качественный анализ прогностических данных выявил существенные различия в типах тенденций изменений метеорологических элементов в различных регионах. Поэтому при подготовке рядов прогностических предикторов было принято решение не ограничиваться использованием какого-то одного априорного тренда, а делать выбор, основываясь на анализе результатов, полученных по набору трендов. В качестве набора возможных трендовых линий в данном исследовании использовались полиномиальные тренды от нулевой (среднее многолетнее значение) до 5-й степени. В качестве инструмента при выборе «наилучшего» тренда изменений метеопараметров в будущем использовался метод интегральных периодограмм. Выбор наилучшей аппроксимирующей линии осуществляется с использованием критерия Колмогорова и введенного авторами эмпирического показателя γ, вычисляемого по формуле: $\gamma = min\sum abs(\sigma_i - \sigma_{wn,i})$, где σ_i – доля общей дисперсии, суммарно приходящаяся на колебания с большими, чем i, частотами, $\sigma_{wn,i}$ – она же для «белого шума». В проведенных расчетах задавались следующие критерии отбора «наилучшего» прогностического тренда: (1) интегральная периодограмма метеорологического показателя не должна выходить за пределы 99%-го доверительного интервала; (2) величина γ при изменении γ при изменении степени полиномиального тренда должна быть минимальной. Таким образом полученные прогностические ряды метеорологических предикторов использованы для построения рядов аномалий урожайности пшеницы в будущем. Пример такой прогностической динамики для озимой пшеницы в областях четырех районов России представлен на рис. 2.

По результатам проведенных расчетов можно заключить, что представленная методика агроклиматического моделирования аномалий урожайности, основанная на ансамблевом подходе, позволяет выявить важнейшие закономерности влияния глобального потепления на урожайность сельскохозяйственных культур.

Литература

1. Интернет-страница Статистической Службы Министерства сельского хозяйства РФ www.mcx.ru/navigation/docfeeder/show/164.htm (2009).
2. *Народное хозяйство* СССР. Статист. ежегод. ЦСУ при СМ СССР. М.: Госстатиздат ЦСУ и изд-во «Статистика». 1956–1989.
3. *Менжулин Г. В., Павловский А. А.* Эмпирико-статистическое моделирование аномалий урожайности с.-х. культур, основанное на ансамблевом подходе // Вестн. СПбГУ. 2009. Сер. 8, Вып. 4. С. 87–99.
4. *Budyko M. I., Menzhulin G. V.* Climate Change Impacts on Agriculture and Global Food Production: Options for Adaptive Strategies // Adapting to Climate Change: An Intern. Persp. Eds.: Smith J. B., Bhatti N., Menzhulin G. et al. Springer-Verlag. New York, USA, 1996. P. 188–203.
5. *Razuvaev V. N., Apasova E. B., Matuganov R. A.* Six-and-Three Hourly Meteorologiocal Observations from 223 USSR Stations // Prep.: D. P. Kaiser. CDIAC of ORNL. Oakridge, Tennessee, USA. Publ. 1998. № 4771.
6. *Internet Site* of the Center for the Study of CO_2 and Global Change www.co2scince.org (2009).
7. *Internet Site* of the IPCC Data Distribution Centre www.co2scince.org (2008–2009).
8. *Internet Site* of the US National Climate Data Center www/ncdc/noaa/gov/oa/ncdc/html (2008–2009).
9. *IPCC* (Intergovernmental Panel on Climate Change) // Climate Change. 2007. Impacts, Adaptation and Vulnerability. Cambridge University Press. Cambridge, UK, 2008. 956 p.

АНАЛИЗ ДИНАМИКИ ХОЗЯЙСТВЕННО ЦЕННЫХ ПРИЗНАКОВ ОВСА СОРТА БОРРУС В УСЛОВИЯХ СЕВЕРО-ЗАПАДА РФ С 1980 ПО 2008 Г. В СВЯЗИ С ИЗМЕНЕНИЯМИ КЛИМАТА

Л. Ю. Новикова, И. Г. Лоскутов, В. Н. Дюбин
Государственный научный центр РФ Всероссийский научно-исследовательский институт растениеводства им. Н. И. Вавилова РАСХН, Санкт-Петербург, Россия, e-mail: l.novikova@vir.nw.ru

Резюме

В работе приведен анализ временных рядов хозяйственно ценных признаков овса районированного сорта Боррус и метеоданных за последние 29 лет, полученных в Пушкинском филиале ВИР. Отмечено повышение температур июля, августа, более раннее наступление даты устойчивого перехода температур через 5°С, удлинение периодов устойчивого перехода температур через 5 и 10°С. Достоверно показано сокращение периода выметывание–созревание, увеличение длины и числа колосков главной метелки. Исследованы корреляции между хозяйственно ценными признаками и агрометеорологическими показателями.

THE ANALYSIS OF ECONOMICALLY VALUABLE CHARACTERS OF BORRUS OAT VARIETY UNDER CONDITION OF NORTH-WEST OF RUSSIA FROM 1980 TO 2008 IN CONNECTION WITH CLIMAT CHANGES

L. Yu. Novikova, I. G. Loskutov, V. N. Dyubin
State Scientific Centre N. I. Vavilov All-Russian Research Institute of Plant Industry of RAAS, St. Petersburg, Russia, e-mail: l.novikova@vir.nw.ru

Abstract

In the work time series of economically valuable characters of zoned Borrus oat variety and the meteodata for last 29 years received in Pushkin sub-unit of VIR are analyzed. Increase of temperatures of July, August, earlier coming of date of steady transition of temperatures through 5°C, lengthening of the periods of steady transition of temperatures through 5 and 10°C is noted. Reduction of the period paniculation–ripeness, increase in length and number of spikelet of the main panicle is significantly shown. Correlations between economically valuable characters and agrometeorological indices are investigated.

Введение

Наблюдаемые с 1975 г. изменения климатических условий в целом благоприятны для сельского хозяйства большинства регионов России. В Северо-Западном регионе наблюдается рост температуры как холодного, так и теплого периода года (июльская температура в среднем увеличилась на 0,95°С/10 лет), рост теплообеспеченности, падение увлажненности (суммы осадков зимой на 4,1, весной на 5,4, летом на 4,2 мм /10 лет), уменьшение ГТК со скоростью 0,03 ед./10 лет. Северо-Западный регион близок к северной границе ареала распространения зерновых культур, и посевы преобладающих здесь скороспелых сортов испытывают дефицит именно теплообеспеченности [4], поэтому “уменьшение степени увлажнения, по-видимому, не приведет к заметным отрицательным последствиям” [5].

Овес относится к растениям, наименее требовательным к теплу, по сравнению с ячменем и пшеницей. Семена его начинают прорастать при температуре 1–2°С, биологический минимум для этапа формирования вегетативных органов 4–5°С, формирования генеративных органов и плодоношения – 10–12°С. Требовательность овса к теплу по сумме активных температур для раннеспелых сортов составляет 1000-1500°С. Овес – влаголюбивая культура. Как и другие растения длинного дня, с продвижением на север он сокращает первую половину вегетационного периода – от всходов до выметывания. Овес нуждается в сравнительно низких температурах в период прорастания, вегетативного роста и умеренных температурах перед цветением. Поздний посев, повышение температуры почвы и дифференциация конуса нарастания в условиях длинного дня отрицательно сказываются на семенной продуктивности. Вторая половина вегетационного периода к северу удлиняется

прямо пропорционально количеству выпавших осадков и влажности воздуха и обратно пропорциональна сумме температур. В целом полный вегетационный период у большинства сортов овса с продвижением на север удлиняется. Такой показатель, связанный с зерновой продуктивностью, как масса 1000 зерен, к югу уменьшает свои значения. В засушливые годы она ниже, чем во влажные [2, 3].

Сорт Боррус (Borrus, Германия) районирован в Нечерноземной зоне РФ с 1982 г. Выведен в Германии в компании Borries–Eckendorf, гибрид сортов Phonix × Peragold, разновидность var. *aurea*. Желтозерный, безостый. Сочетает черты западноевропейской и скандинавской экологических групп. Среднеранний сорт. Соломина средней высоты, прочная. Устойчив к полеганию. Засухоустойчивость выше средней. Поражается корончатой и стеблевой ржавчиной, сильно восприимчив к бактериальным пятнистостям, выносливк к повреждениям шведской мухой. Используется на зерно и зеленый корм в смеси с зернобобовыми культурами [2].

Овес сорта Боррус изучался в отделе генетических ресурсов овса, ржи и ячменя ВИР в 1980, 1981 гг. в составе коллекции и с 1982 г. в качестве стандарта в условиях Пушкинского филиала ВИР. В отделе агрометеорологии ВИР имеются данные наблюдений за погодой, проводящихся на Пушкинской метеостанции ежедневно с 1922 г. Сопоставление этих рядов оригинальных данных и анализ их трендов дали возможность проследить реакцию растений на изменения климата за 1980–2008 гг.

Материалы и методы

Метеоданные представлены ежедневными наблюдениями за погодой на Пушкинской метеостанции ВИР – средняя, минимальная, максимальная суточные температуры, количество осадков с апреля по сентябрь. Были рассчитаны среднемесячные, максимальные и минимальные за месяц температуры. Расчет агрометеорологических показателей сезонов – дат устойчивого перехода через 5, 10°С (по А. В. Федорову [1]), характеристик тепло- и влагообеспеченности эти периодов – длин, сумм активных и эффективных температур – производился с помощью программы FENAGMO, разработанной в отделе АГМО ВИР.

Источником информации по овсу сорта Боррус послужили журналы полевых наблюдений отдела генетических ресурсов овса, ржи и ячменя ВИР за 1980–2008 гг. Количество наблюдений в год было от 2 в 1980 г., 5 в 1981 г. и в качестве стандарта от 7 до 37 (1982–2008 гг.) повторностей в год, всего в базу данных было включено 436 наблюдений. Для анализа взяли хозяйственно ценные признаки, измерявшиеся в течение 15 лет. Список признаков, число лет наблюдений, средние значения и основные показатели временной вариабельности признаков представлены в табл. 1.

Для анализа временные ряды были сглажены методом пятичленной скользящей средней и рассчитаны аналитические аппроксимации [6]. Для исследования связи хозяйственно ценных признаков друг с другом были изучены парные корреляции исходных уровней переменных и для одного блока переменных корреляция остатков после вычитания трендов.

Опыты осуществляли по одной и той же методике, в то же время прошедшая в 2002 г. мелиорация пушкинских полей может быть рассмотрена как позитивный сдвиг агротехнического уровня.

Результаты

1. Динамика агрометеорологических показателей. Исходные и сглаженные уровни рядов представлены на рис. 1. Для построения тренда использованы сглаживание пятичленной скользящей средней и линейная аппроксимация, для нее указан коэффициент детерминации. Аппроксимация достоверна на 5%-ном уровне значимости, если R^2>0,135, так как число степеней свободы представленных данных 27. Достоверно наблюдается линейное увеличение среднемесячных температур июля (со скоростью 0,080 град/год) и августа (со скоростью 0,089 град/год). Дата весеннего перехода температур через 5°С наступает все раньше (-0,51 дня/год). Периоды с температурами выше 5 и 10°С удлиняются в среднем на 0,75 и 0,65 дня/год соответственно, растут суммы эффективных температур за эти периоды.

Следует отметить нелинейную тенденцию в динамике суммы осадков и ГТК. Снижение осадков за исследуемый период произошло скачкообразно: среднее количество осадков с 1980 по 1987 г. за период устойчивого перехода через 10°С составило 274 мм, ГТК 1,37, а с 1988 по 2008 г.– 132 мм, ГТК 0,60.

Таблица 1. Средние за год значения хозяйственно ценных признаков и показатели их вариации

Признак	Число лет измерений	Средняя	min	max	Размах вариации	Коэффициент вариации, %
Всходы–колошение, дни	29	47	36	57	22	11
Колошение–созревание, дни	29	40	27	58	32	21
Всходы–созревание, дни	29	87	62	115	53	12
Высота, см	29	98,2	69,3	121,6	52,3	12,7
Длина главной метелки, см	24	17,1	15,0	20,3	5,3	8,7
Число колосков главной метелки	24	33,2	21,0	55,4	34,4	25,3
Число зерен главной метелки	22	59,4	31,3	94,7	63,4	30,5
Масса зерна с главной метелки, г	23	1,9	0,7	3,5	2,8	38,7
Масса 1000 зерен, г	26	38,4	27,4	49,3	21,9	13,2
Масса зерна с 1 м^2, г	29	362,2	101,9	815,0	713,1	54,9
Устойчивость к полеганию, балл	29	7,7	3,3	9,0	5,7	22,0
Поражение болезнями, суммарный балл	29	13,9	1,8	33,9	32,0	53,6

2. Динамика хозяйственно ценных признаков. На рис. 2 представлены исходные уровни признаков, сглаженные пятичленной скользящей средней (кроме показателя длины главной метелки, невыровненного из-за большого числа пропусков), и линейные аналитические тренды, где они представлялись уместными, коэффициент детерминации аналитическим выравниванием (для показателей длины метелки критическое значение коэффициента детерминации на 5%-ном уровне значимости 0,163, так как число степеней свободы 22). Даты наступления фенофаз не показывают выраженной тенденции. Достоверно (на 5%-ном уровне значимости) отмечено линейное снижение продолжительности периода выметывание–созревание. Продолжительности периодов всходы–выметывание и всходы–созревание меняются недостоверно. Увеличились длина главной метелки и число колосков в ней. Обращает на себя внимание тенденция к снижению в 90-е гг. массы 1000 зерен, урожайности с 1 м^2, в меньшей степени высоты растения и элементов продуктивности главной метелки. Не исключается положительное влияние мелиорации на формирование высоких показателей последних лет.

Значительное полегание растений наблюдалось в течение 15 лет. Достоверного изменения во времени устойчивости к полеганию отмечено не было. За исследованный ряд лет наблюдались в разной степени проявления: корончатой ржавчины – 27 лет, стеблевой ржавчины – 8, гельминтоспориоза – 19, миротециума – 9, бактериоза – 10, вируса желтой карликовости ячменя – 10, фузариоза – 2 года. Поражение шведской мухой наблюдалось 3 года.

3. Анализ связей хозяйственно ценных признаков овса и агрометеорологических показателей. Анализ зависимостей продолжительности периода всходы–выметывание от сумм температур за этот период показывает, что эффективной для этого периода является температура 5°С и сумма температур выше 5°С для этого периода равна 490°С. Для периода выметывание–созревание эффективной температурой является 10°С, сумма эффективных температур, набираемая за период, равна 300°С. Сумма температур за вегетационный период в среднем составила 1370°С.

Продолжительность вегетационного периода связана (табл. 2) с суммами эффективных температур за период с температурами выше 10°С (r = -0,71) и ГТК (r = 0,40). Основную роль в вариации длительности всего вегетационного периода сыграла изменчивость периода выметывание–созревание (r = 0,89), который также зависит от сумм осадков и ГТК. Высота

растения уменьшается с более ранней датой восковой спелости (r = 0,50), с укорачиванием периода выметывание–созревание (r = 0,57), всходы–созревание (r = 0,57), с увеличением температур при уменьшении осадков.

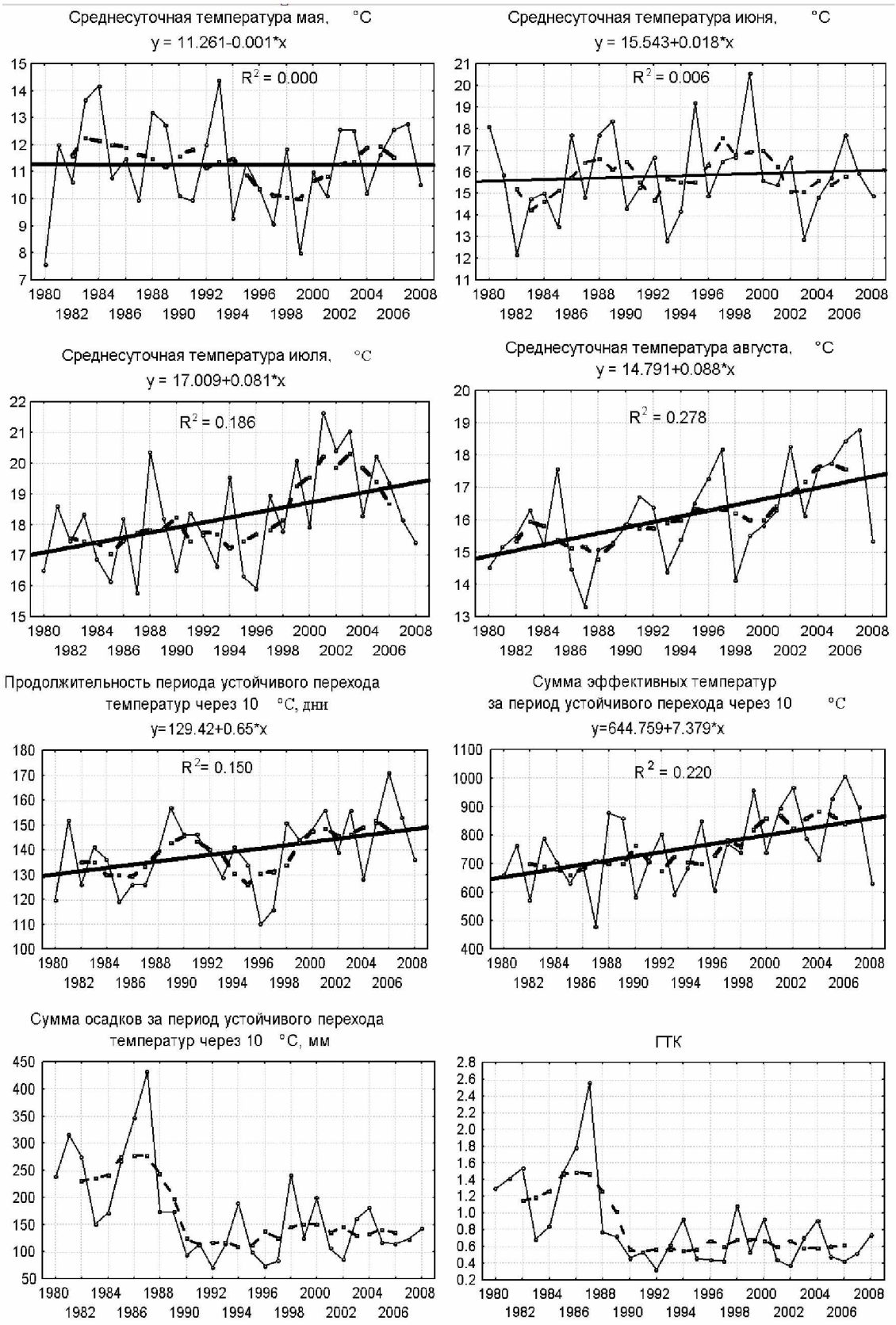


Рис. 1. Динамика агроклиматических показателей 1980–2008 гг. в г. Пушкине. Тонкая линия – исходный уровень ряда, пунктирная – сглаженный скользящей средней, жирная – аналитический тренд. R^2 – коэффициент детерминации для аналитического тренда

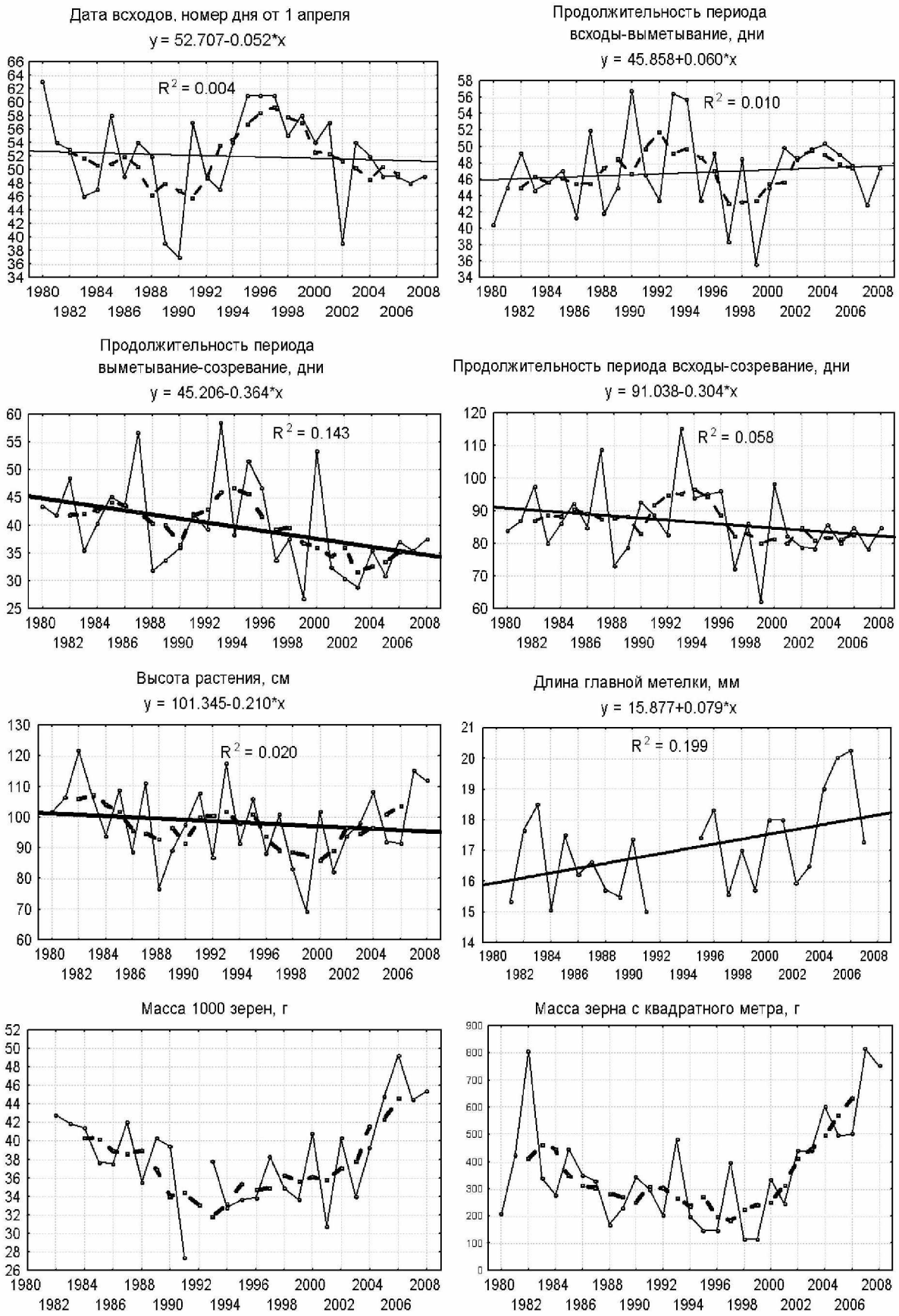


Рис. 2. Динамика хозяйственно ценных признаков овса сорта Боррус в Пушкинском филиале. Сплошная линия – усредненные по годам показатели, пунктирная – сглаженные скользящей средней, сплошная жирная – линия тренда усредненных по годам значений. R^2 – коэффициент детерминации для аналитического тренда

Таблица 2. Коэффициенты корреляции хозяйственно ценных признаков овса сорта Боррус и агрометеорологических показателей. Жирным шрифтом отмечены достоверные на 5%-ном уровне значения

Признак	Всходы–выметывание	Выметывание–созревание	Всходы–созревание	Высота	Длина колоса	Число колосков	Число зерен	Масса зерна с главной метелки	Масса 1000 зерен	Масса зерна с 1 м^2	Устойчивость к полеганию	Поражение болезнями
Дата посева	**-0,42**	0,40	0,09	-0,07	-0,14	-0,17	-0,01	-0,15	**-0,59**	-0,41	0,01	0,18
Дата всходов	-0,35	0,23	0,01	0,01	0,01	-0,05	0,09	-0,07	**-0,51**	-0,24	-0,04	0,08
Дата выметывания	**0,40**	**0,42**	**0,51**	0,22	0,27	0,12	0,28	0,13	**-0,45**	-0,11	-0,23	0,15
Дата восковой спелости	0,34	**0,89**	**0,84**	**0,50**	0,19	0,05	0,32	0,18	-0,19	-0,02	**-0,38**	0,16
Всходы–выметывание	1,00	0,27	**0,68**	0,28	0,40	0,26	0,28	0,29	0,04	0,17	-0,26	0,08
Выметывание–созревание	0,27	1,00	**0,89**	**0,57**	0,07	-0,02	0,26	0,18	0,03	0,04	**-0,41**	0,08
Всходы–созревание	**0,68**	**0,89**	1,00	**0,57**	0,24	0,10	0,34	0,28	0,04	0,11	**-0,44**	0,10
Высота	0,28	**0,57**	**0,57**	1,00	0,12	0,09	0,37	0,33	0,33	**0,69**	**-0,53**	-0,17
Длина главной метелки	0,40	0,07	0,24	0,12	1,00	**0,93**	**0,87**	0,85	**0,47**	0,31	-0,02	0,34
Число колосков главной метелки	0,26	-0,02	0,10	0,09	**0,93**	1,00	**0,86**	0,85	**0,55**	0,33	0,06	0,33
Число зерен главной метелки	0,28	0,26	0,34	0,37	**0,87**	**0,86**	1,00	**0,95**	0,40	0,27	0,11	**0,44**
Масса зерна с главной метелки	0,29	0,18	0,28	0,33	**0,85**	**0,85**	**0,95**	1,00	**0,57**	0,36	0,13	**0,43**
Масса 1000 зерен	0,04	0,03	0,04	0,33	**0,47**	**0,55**	0,40	**0,57**	1,00	**0,63**	-0,08	-0,05
Масса зерна с 1 м^2	0,17	0,04	0,11	**0,69**	0,31	0,33	0,27	0,36	**0,63**	1,00	**-0,50**	-0,32
Устойчивость к полеганию	-0,26	**-0,41**	**-0,44**	**-0,53**	-0,02	0,06	0,11	0,13	-0,08	**-0,50**	1,00	0,22
Поражение болезнями	0,08	0,08	0,10	-0,17	0,34	0,33	**0,44**	**0,43**	-0,05	-0,32	0,22	1,00
L_{10}*	0,08	**-0,45**	-0,30	-0,27	0,13	0,29	-0,01	0,05	0,15	0,03	0,06	-0,01
Σ эффективных температур L_{10}	**-0,45**	**-0,66**	**-0,71**	**-0,51**	0,11	0,30	0,05	0,09	0,07	-0,08	0,36	-0,03
Осадки L_{10}	0,01	**0,40**	0,31	0,26	-0,18	-0,15	-0,16	-0,17	0,13	0,08	-0,12	-0,04
ГТК	0,06	**0,49**	**0,40**	0,33	-0,15	-0,16	-0,12	-0,16	0,13	0,10	-0,17	-0,04
Т всходы–выметывание	**-0,81**	-0,33	**-0,63**	**-0,55**	-0,18	-0,04	-0,13	-0,19	-0,27	**-0,43**	0,36	0,06
Σ осадков всходы–выметывание	0,15	**0,43**	**0,40**	**0,39**	-0,04	-0,04	-0,01	0,00	0,12	0,16	-0,17	-0,09

Признак	Всходы–выметывание	Выметывание–созревание	Всходы–созревание	Высота	Длина колоса	Число колосков	Число зерен	Масса зерна с главной метелки	Масса 1000 зерен	Масса зерна с 1 м^2	Устойчивость к полеганию	Поражение болезнями
Т выметывание–созревание	**-0,48**	**-0,77**	**-0,81**	**-0,47**	0,02	0,08	-0,17	-0,13	-0,06	0,01	0,36	-0,07
Σ осадков выметывание–созревание	0,22	**0,53**	**0,51**	0,30	-0,07	-0,06	-0,08	-0,14	0,10	0,03	-0,23	0,14
Т всходы–созревание	**-0,81**	-0,59	**-0,83**	**-0,59**	-0,12	0,01	-0,18	-0,18	-0,19	-0,26	**0,39**	0,01
Σ осадков всходы–созревание	0,21	**0,54**	**0,51**	**0,38**	-0,06	-0,06	-0,06	-0,09	0,12	0,10	-0,22	0,04
Т июнь	**-0,71**	-0,30	**-0,56**	**-0,58**	-0,21	-0,04	-0,13	-0,18	-0,08	**-0,48**	**0,50**	0,00
Σ осадков июнь	0,09	0,35	0,31	**0,38**	-0,02	-0,01	0,04	-0,02	0,06	0,12	-0,12	-0,01
Т июль	-0,15	**-0,74**	**-0,64**	**-0,49**	-0,01	0,06	-0,23	-0,23	-0,17	0,00	0,16	-0,20
Σ осадков июль	0,03	0,31	0,25	0,06	0,05	0,03	-0,03	-0,01	0,06	-0,01	-0,07	0,24
Т август	-0,11	**-0,37**	-0,34	0,05	**0,41**	**0,46**	**0,50**	**0,52**	0,20	0,36	0,14	0,01
Σ осадков август	0,05	0,34	0,28	0,25	-0,24	-0,24	-0,25	-0,27	0,14	0,10	-0,20	-0,08

*L_{10} – продолжительность периода устойчивого перехода температур через 10°.

Элементы продуктивности главной метелки тесно связаны друг с другом и увеличивают свои значения с ростом температуры августа. Возможно, это связано с перераспределением вещества в пользу главной метелки. С ними имеет корреляции средней силы масса 1000 зерен. Масса 1000 зерен уменьшается при более поздних датах посева, всходов и выметывания. Для исключения ложных корреляций были рассмотрены корреляции остатков после удаления трендов, масса 1000 зерен остается связанной только с датой всходов (r = -0,45).

Анализ данных показывает, что урожайность в данном случае определяется высотой растения (r = 0,69) и массой 1000 зерен (r = 0,63), уменьшается с увеличением средней температуры июня (r = -0,48), средней температуры за период всходы–выметывание (r = -0,43).

Полегание и болезни оказывали отрицательное, но слабое, и потому недостоверное, влияние на элементы продуктивности. Устойчивость к полеганию увеличивается с увеличением температур июня (r = 0,50), с укорачиванием периодов развития, уменьшением высоты растения (r = -0,53), массы зерна с квадратного метра (r = -0,50). Поражение болезнями не наносит существенного урона растениям, и поэтому суммарный балл поражения болезнями за год средне связан с числом зерен и массой зерна с главной метелки (r = 0,47, r = 0,43). Поражение отдельными болезнями уменьшается с ростом температур июля–августа и уменьшением осадков.

4. Анализ динамики хозяйственно ценных признаков. Для анализа динамики хозяйственно ценных признаков за базу сравнения использовали уровни хозяйственно ценных признаков овса в начале 80-х гг., в условиях, в которых сорт был районирован. До

1988 г. условия сохранялись примерно одинаковыми: теплый май (11,5°С), прохладный июнь (15,5°С), самые холодные за период 1980–2008 гг. июль (17,5°С) и август (15,2°С), наименьшие значения сумм эффективных температур (663°С), наибольшее количество осадков (274 мм). Условия были благоприятными для роста и развития. Начиная с 1988 г. резко снижается количество осадков, середина 90-х гг. характеризуется пониженными температурами июня, самыми длинными периодами всходы–выметывание и выметывание–созревание, что привело к незначительному снижению высоты растений, снижению показателей продуктивности главной метелки и в значительной степени сказалось на выполненности зерна. В конце 90-х гг. холодный май, поздний посев, жаркий июнь привели к укорачиванию вегетации и снижению большинства изученных показателей. С начала 2000-х гг. повышенные температуры мая, несколько пониженные температуры июня, жаркие июль и август привели к увеличению сумм эффективных температур, сокращению периода выметывание–созревание и создали благоприятные условия для формирования элементов продуктивности главной метелки, массы 1000 зерен, а за счет достаточно продолжительного периода всходы–выметывание и всходы-созревание и для высоты растения (вегетативной массы).

Выводы

1. За период 1980–2008 гг. наблюдается достоверная тенденция к повышению среднесуточных температур июля, августа, периода май–август. Температуры мая, июня достоверно не изменяются. Дата весеннего перехода температур через 5°С наступает все раньше. Периоды с температурами выше 5 и 10°С удлиняются, растут суммы эффективных температур за эти периоды. В 1990–2000 гг. уменьшились по сравнению с 80-ми гг. суммы осадков и ГТК, тенденции к дальнейшему снижению не наблюдается.
2. У овса сорта Боррус с 1980 по 2008 г. достоверно уменьшилась продолжительность периода выметывание–созревание, но не изменилась продолжительность периода всходы–выметывание. Из показателей продуктивности увеличились длина главной метелки и число колосков на ней.
3. Решающим погодным фактором для роста и развития овса оказался рост температур, при этом уменьшение влагообеспеченности не повлияло на развитие растений.
4. Отмеченные изменения температур предполагают ранние даты посева с умеренными температурами в период всходы–выметывание и с повышенными температурами в период выметывание–созревание. Эти тенденции благоприятны для формирования главной метелки, но в то же время они могут привести к снижению роста вегетативной массы и, в конечном итоге, зерновой урожайности всего растения.
5. Предполагается, что при дальнейшем изменении гидротермических показателей в Северо-Западном регионе РФ могут быть востребованы районированные сорта овса, зарегистрированные в других более южных регионах России.

Литература

1. *Елисеева И. И. и др.* Эконометрика: Учебник / Под ред. И. И. Елисеевой. М.: Финансы и статистика, 2006. 576 с.
2. *Гулинова Н. В.* Методы агроклиматической обработки наблюдений. Л.: Гидрометеоиздат, 1974. 152 с.
3. *Митрофанов А. С., Митрофанова К. С.* Овес. М.: Колос, 1972. 269 с.
4. *Николаев М В.* Современный климат и изменчивость урожаев. СПб: Гидрометеоиздат, 1994. 199 с.
5. *Родионова Н. А., Солдатов В. Н., Мережко В. Е. и др.* Культурная флора. Овес / Под ред. В. Д. Кобылянского и В. Н. Солдатова. М.: Колос, 1994. Т. 2, Ч. 3. 367 с.
6. *Сиротенко О. Д., Павлова В. Н., Абашина Е. В.* Моделирование влияния наблюдаемых и прогнозируемых изменений климата на продуктивность и устойчивость сельского хозяйства России и ближнего зарубежья // Проблемы агрометеорологии в условиях глобального изменения климата // Тр. ГУ «ВНИИСХМ». 2007. Вып. 36. С. 45–62.

МИРОВАЯ ПРОДОВОЛЬСТВЕННАЯ ПРОБЛЕМА В СВЕТЕ РАЗВИВАЮЩИХСЯ ПРОЦЕССОВ ГЛОБАЛЬНОГО ПОТЕПЛЕНИЯ

С. П. Савватеев, Г. В. Менжулин
Центр междисциплинарных исследований по проблемам окружающей среды, РАН,
Санкт-Петербург, Россия, e-mail: inenco@mail.neva.ru

Резюме

Отмечается, что наиболее существенные последствия развивающегося глобального потепления должны иметь место в сфере сельскохозяйственного производства. С использованием различных сценариев изменений регионального климата рассчитаны изменения агроклиматических показателей и урожайности сельскохозяйственных культур, как в России, так и в других странах. Анализ результатов исследования позволил сделать ряд принципиальных выводов относительно основных агроклиматических последствий глобального потепления. Главный из них состоит в том, что ожидаемое в 21-м столетии изменение глобального климата в целом должно положительно повлиять на сельское хозяйство большинства регионов мира.

THE WORLD FOOD PROBLEM IN THE POINT OF VIEW OF DEVELOPING GLOBAL WARMING

S. P. Savvateyev, G. V. Menzhulin
Center INENCO RAS, St. Petersburg, Russia, e-mail: inenco@mail.neva.ru

Abstract

It is noted that the most essential consequences of the developing global warming must exist in sphere agricultural production. With using the different scenarioes of the regional climate changes it is calculated the changes agroclimatic factors and crops productivity, both in Russia, and in the other country. The Analysis of the result studies has allowed to do some principle conclusions concerning the agroclimatic consequences of global warming. The main of them consist in that the expected climatic changes in 21 century must as a whole positively influence upon the majorityof world agriculture regions.

При изучении влияния агроклиматических изменений на будущее мировой продовольственной проблемы прежде всего необходимо проанализировать ряд главных факторов, в число которых должны быть включены: (1) оценка возможного роста народонаселения, (2) перспектива развития мирового сельского хозяйства за счет освоения новых территорий, (3) возможность повышения урожайности при внедрении новых интенсивных агротехнологий, (4) прямое физиологическое влияние роста концентрации углекислого газа на продуктивность сельскохозяйственных растений, (5) изменение урожайности, обусловленное изменениями агроклиматического режима при глобальном потеплении [2].

Ответ на вопрос о росте народонаселения на нашей планете в ближайшие десятилетия можно получить анализ соответствующих разработок, проведенных специалистами ООН. Наиболее достоверные из таких оценок говорят, что в 2050 г. население планеты будет составлять 8,3–10,0 млрд. человек. Оценки применительно к 2050 г. удобны тем, что примерно в это же время можно ожидать повышения содержания парниковых газов в атмосфере, соответствующего удвоенной концентрации CO_2.

Рассматривая перспективу экстенсивного развития мирового сельского хозяйства в ближайшие 40-50 лет, следует упомянуть о двух аспектах этой проблемы. Первый из них – возможность расширения площадей под сельскохозяйственными культурами за счет освоения новых земель. Развитие мирового сельского хозяйства показало, что такая перспектива мало реальна. Это следует из анализа временной динамики посевных площадей в основных географических регионах, а также в целом по миру, используемых для возделывания основных продовольственных культур [3]. Несмотря на то, что в некоторых регионах посевные площади в последние сорок лет заметно изменялись, в целом по миру

после 1980 г. эта площадь изменялась мало. Из сказанного следует, что весь прирост производства главных продовольственных культур в мире в последние 40 лет обеспечивался исключительно ростом их урожайности за счет факторов агротехники. Средняя величина этого прироста составила около 150%. Вместе с этим в целом рост производства данных культур в эти годы практически компенсировался увеличением народонаселения.

На вторую часть вопроса о перспективах использования в мировом земледелии новых земель, агроклиматический режим которых может измениться в благоприятную сторону при ожидаемых изменениях климата, можно ответить, обращаясь к выводам из сценариев будущего климата. Одним из важных в агроклиматическом плане выводов из большинства таких сценариев является заключение о том, что глобальное потепление наиболее существенно проявится в термическом режиме высоких широт, в особенности в холодный период года. Сказанное имеет непосредственное отношение к такому важному для сельского хозяйства данных регионов показателю, как продолжительность теплого периода года. Удлинение теплого периода года и повышение температуры в зимний сезон могут иметь существенное значение для внедрения в сельское хозяйство данных регионов ценных южных культур с удлиненным периодом вегетации [2].

Феномен увеличения продолжительности теплого периода имеет прямое отношение к возможности расширения сельскохозяйственных территорий северных районов. Однако, имея в виду ранее сказанное об оценке рентабельности освоения новых территорий с малопродуктивными почвами, следует подчеркнуть, что такая перспектива неопределенна. Относительно низкий уровень урожайности основных продовольственных культур в двух главных странах, о которых в данной связи можно говорить, в России и Канаде, указывает на это. Сохраняющаяся высокая отзывчивость урожайности к факторам агротехнологии предопределяет большую перспективность для этих стран интенсификации земледелия.

В целом можно отметить, что перспективу увеличения в ближайшие 50 лет площади угодий мирового сельского хозяйства не следует переоценивать.

Следующий вопрос, имеющий важнейшее значение для будущего решения мировой продовольственной проблемы и роли в нем развивающегося глобального потепления, – это оценка возможности роста урожайности сельскохозяйственных культур за счет внедрения новых интенсивных агротехнологий. Для получения ответа на вопрос, какой уровень урожайности продовольственных культур необходимо будет обеспечить к 2050 г., можно в первом приближении исходить из гипотезы о сохранении как минимум современного мирового уровня производства продовольствия на душу населения. Исходя из этого и принимая во внимание ранее сделанный вывод о неизменности площадей мировых сельскохозяйственных угодий, можно показать, что средняя по главным продовольственным культурам в мире производительность одного гектара, составляющая в настоящее время около 30 ц., должна будет возрасти до 50 ц. в случае роста народонаселения до 8,3 млрд. и до 60 ц. в случае его роста до 10 млрд. человек.

Имеющиеся оценки показывают, что возможность обеспечения продовольствием населения мира только за счет агротехники, если прогноз роста его численности к 2050 г. оправдается, вызывает большие сомнения. Это видно из сравнения полученных величин с данными о современной урожайности главных продовольственных культур в наиболее развитых в сельскохозяйственном отношении странах мира [2]. Уровня в 60 ц/га в последние годы урожайность кукурузы достигала лишь в 5–10 лидирующих по этому показателю странах. Культура риса с такой урожайностью характерна только для Южной Кореи, Японии и Испании. Указанный уровень урожаев для мягких высокоурожайных кормовых сортов пшениц в Европе достигнут только в Западной Европе. Урожайность же других культур во всех других странах (за единичными исключениями) в настоящее время существенно ниже.

Согласно фундаментальным концепциям физиологии растений углекислый газ – один из главнейших факторов их жизнедеятельности. Он наряду с фотосинтетически активной радиацией является первичным внешним субстратом фотосинтеза и в соответствии с законами биологической кинетики рост его концентрации не может не вызвать увеличения

интенсивности фотосинтеза, что способствует повышению потенциальной продуктивности растений. Современные физиологические исследования связывают кинетические эффекты первичных реакций фотосинтеза с закономерностями фотосинтетического метаболизма двух основных групп растений [2]. Для первой, более широко распространенной группы растений типа C_3, в которую входят такие культуры, как пшеница, рис, ячмень, овес и другие, характерен значительный отклик продуктивности на рост концентрации CO_2. Для растений типа C_4 (например, кукуруза, сорго, сахарный тростник) такой отклик менее значителен.

Анализ подавляющего большинства таких исследований указывает на повышение хозяйственных урожаев для культур, выращиваемых на повышенном фоне CO_2. Так, согласно имеющимся оценкам, в атмосфере с удвоенным содержанием углекислого газа урожайность C_3-растений возрастала в среднем на 33%. Повышение концентрации CO_2 может в определенной степени изменить долю отдельных компонент в суммарных урожаях. Например, применительно к C_3-растениям, в особенности овощам, установлено, что у них большую долю в урожае будут иметь листовая масса и репродуктивные органы. Для многих культур будет характерным увеличение количества побегов и цветков, что в конечном счете увеличит потенциальную возможность развития большего количества плодов на одном растении. Помимо благоприятного влияния на потенциальную продуктивность, рост концентрации углекислого газа может существенно изменить и другие физиологические функции растений. Среди них наиболее важна для сельскохозяйственной практики транспирация, регулирующая водный режим растений. Так же определенно, как и в случае фотосинтеза и продуктивности, большинство из известных экспериментов с C_3- и C_4-растениями показывают, что при повышении уровня CO_2 в атмосфере наблюдается закрывание устьиц. Такая их реакция особенно характерна для C_4-растений. Эксперименты с различными видами сельскохозяйственных растений типа C_4 определили, что у них при удвоении концентрации углекислого газа проводимость устьиц в среднем снижалась на 36%. Важнейшим следствием уменьшения устьичной проводимости является сокращение транспирации, увеличение ее эффективности и как следствие большая засухоустойчивость растений.

В целом, обобщая результаты большого количества экспериментальных исследований, можно со всей определенностью заключить, что повышение концентрации углекислого газа в атмосфере есть фактор, весьма благоприятствующий росту продукции мирового земледелия.

Понятно, что оценки возможных в будущем изменений продуктивности и урожаев сельскохозяйственных культур можно получить, опираясь на сценарии изменений региональных климатов, определяемых глобальным потеплением [2]. Анализ возможностей современной науки о глобальном антропогенном потеплении применительно к построению сценариев ожидаемых изменений климатических показателей требует рассмотрения двух независимо развиваемых исследовательских методов – моделирования климатических изменений и реконструкций климатов, имевших место в прошлом при естественных глобальных потеплениях.

В последнее десятилетие в климатических разработках широко применяются модели общей циркуляции атмосферы и океана [1]. С их использованием проведено большое количество численных экспериментов по обоснованию сценариев изменений климата при глобальном потеплении. Отмечая большое значение результатов этих исследований для развития физической климатологии, нельзя не отметить, что при чрезвычайной сложности климатической системы нашей планеты прогресс в решении задачи предсказания изменений климатических условий модельными методами оказался более медленным, чем это представлялось ранее. Аналоговые методы изучения ожидаемых изменений климата базируются на эмпирическом анализе климатических условий теплых эпох прошлого. Применительно к периоду инструментальных наблюдений такой подход оказывается особенно продуктивным, если при количественном анализе использовать данные наблюдений на сети метеорологических станций в последние десятилетия, когда стало уже заметно проявляться современное антропогенное глобальное потепление.

Разработанные к настоящему времени в агрометеорологии динамические прогностические модели урожайности сельскохозяйственных культур довольно требовательны и зависят от наличия большого количества информации, к примеру, изменений гидрометеорологических параметров в конкретный вегетационный сезон [2]. Сложная структура таких моделей отражает многофакторность продукционного процесса растений. Того объема исходной информации, который требуется для расчетов влияния изменений климата на урожайность по моделям, использующимся при краткосрочном агрометеорологическом прогнозировании, из имеющихся климатических сценариев получить нельзя. В указанной связи представляется более обоснованным метод получения осредненных оценок изменений урожайности, базирующийся на параметризованных моделях продуктивности и ориентированных на использование современных модельных и аналоговых сценариев будущего климата.

Анализ динамики урожаев сельскохозяйственных культур за относительно продолжительные периоды в разных регионах показывает, что происходящие изменения урожайности вызываются тремя главными факторами: пространственной неоднородностью агроклиматического потенциала территорий, совершенствованием агротехнологий и, наконец, изменениями погодных условий из года в год. Изменения урожайности, происходящие под действием первых двух факторов, в силу их понятной территориальной изменчивости и относительно плавной временной зависимости можно рассматривать как детерминистические. По сравнению с ними нерегулярные межгодичные изменения урожаев удобно интерпретировать как стохастический процесс, который может быть проанализирован с применением статистических методик.

В последние годы второй из отмеченных детерминистических факторов – совершенствование агротехнологий – играет существенную роль в повышении урожайности сельскохозяйственных культур в большинстве стран. В исследовательском смысле этот факт приводит к тому, что в таком разе случайный процесс изменений урожайности нельзя считать статистически стационарным. При его анализе с помощью стандартных статистических методик следует выделять долгопериодные тренды и в качестве статистически однородных использовать ряды относительной урожайности – например, отклонения урожайности от технологического тренда, нормированные на трендовые значения. Эмпирически обоснованные зависимости показателей межгодичной вариабельности урожайности от изменений норм климатических характеристик от региона к региону могут быть использованы для оценки возможного влияния изменений климата на показатели межгодичной изменчивости. Подобная методика, базирующаяся на статистическом анализе многолетних рядов урожайности зерновых культур в отдельных регионах, применялась авторами для оценки изменений показателей межгодичной вариабельности урожайности в зерновых зонах бывшего СССР и других стран при ожидаемом глобальном потеплении [2].

В противоположность “механистическим” моделям в проведенных авторами в разное время исследованиях влияния изменений климата на продуктивность сельскохозяйственных культур на территории бывшего СССР и других стран различных географических регионов мира была использована методика, базирующаяся на параметризованной модели климатического потенциала продуктивности. Отличительной особенностью этой модели является развитый, физиологически насыщенный блок фотосинтеза и транспирации растений, который позволяет достаточно полно аккумулировать появляющиеся новые экспериментальные данные о различных проявлениях реакции растений на повышения концентрации CO_2.

В заключение важно подчеркнуть главные выводы из имеющихся расчетов изменений агроклиматических показателей. Первый из них состоит в том, что развивающееся антропогенное глобальное потепление в целом должно благоприятно повлиять на агроклиматический режим большинства сельскохозяйственных регионов мира. Второй, подтверждаемый и ранее расчетами применительно к отдельным сельскохозяйственным регионам северного полушария, состоит в том, что глобальное потепление, приводящее в

целом к росту осадков, наиболее благоприятным образом повлияет на агроклиматический режим регионов, которые в настоящее время характеризуются недостаточным увлажнением. Это обстоятельство весьма важно для обоснования интенсивного развития зернопроизводства на больших площадях, ныне малопригодных для сельского хозяйства засушливых регионов. Использование увеличивающего агроклиматического потенциала их может стать важным фактором повышения продукции сельского хозяйства в целом в мире.

Литература

1. *Мелешко В. П.* и др. Изучение возможных изменений климата с помощью общей циркуляции атмосферы и океана // Изменения климата и их последствия. Центр ИНЭНКО РАН. СПб.: Наука, 2002. С. 13–35.
2. *Менжулин Г. В., Савватеев С. П.* Мировая продовольственная проблема и современное глобальное потепление // Изменения климата и их последствия. Центр ИНЭНКО РАН. СПб.: Наука, 2002. С. 122–151.
3. *Food* and Agriculture Organization, 1961–2008. http://www.fao.org

ИСХОДНЫЙ МАТЕРИАЛ И СЕЛЕКЦИЯ ЯРОВОЙ МЯГКОЙ ПШЕНИЦЫ НА СКОРОСПЕЛОСТЬ И ПРОДУКТИВНОСТЬ В ЦЕНТРАЛЬНОМ КАЗАХСТАНЕ

Г. А. Середа, С. Г. Середа, Е. Ш. Шаханов

Карагандинский НИИ растениеводства и селекции. с. Центральное, Бухар-Жырауский район, Карагандинская область, Казахстан, e-mail: 12345680@bk.ru

Резюме

В статье изложены результаты работ по созданию раннеспелых, высокопродуктивных сортов яровой мягкой пшеницы в Карагандинском НИИ. Показано значение коллекции ВИР для селекции сортов яровой мягкой пшеницы в Центральном Казахстане.

INITIAL MATERIAL AND BREAD WHEAT BREEDING ON THE EARLY MATURITY AND PRODUCTIVITY

G. A. Sereda, S. G. Sereda, E. Sh. Shahanov

Karaganda Research Institute of Plant Production and Breeding, Ministry of Agriculture, Republic Kazakhstan, Karaganda Region, Bukhar-Zhirau district, Tsentralnoe village, e-mail: 1234568@bk.ru

Abstract

In the article presentation work results on the origination early maturity and productivity. bread wheat varietes in Karaganda Research Institut and also VIR bread wheat collection which of using in the breeding in Central Kazakstan.

Одной из основных задач в селекции яровой мягкой пшеницы для Центрального Казахстана является создание раннеспелых сортов. Внедрение их в производство дает возможность полнее использовать гидротермические условия региона и стабилизировать уровень урожайности зерна, а также его качество. Однако довести урожайность ранних сортов до уровня среднеспелых гораздо труднее, так как основной период их развития в местных условиях совпадает с обычной весенне-летней засухой [2]. По мнению В. Ф. Дорофеева [1], путем целенаправленного подбора исходных форм можно преодолеть существующую отрицательную связь между урожайностью и скороспелостью.

По данным [3] для условий Центрального Казахстана селекцию необходимо вести на определенный ускоренный тип развития пшеницы с преобладанием отборов среднеранних и

среднеспелых форм, которые гарантируют повышенную продуктивность в благоприятные и засушливые годы в сравнении со скороспелыми и позднеспелыми сортами.

Следовательно, успех любой селекционной программы в первую очередь зависит от наличия качественного, хорошо изученного исходного материала, особенно при решении проблемы создания раннеспелых, высокоурожайных, с качествами зерна сильной пшеницы сортов яровой мягкой пшеницы, основной продовольственной культуры Казахстана.

Развитие селекционной работы с яровой мягкой пшеницей в Центральном Казахстане первоначально базировалось на местном исходном материале. Индивидуальным и массовым отбором из местных популяций были выделены перспективные сорта разновидности псевдотурцикум: Долинская 73, Долинская 407, Коктенкульская 322. В стационарном и государственном испытаниях они показали хорошую урожайность и высокую засухоустойчивость, но оказались сильно восприимчивыми к болезням, особенно к ржавчине, твердой и пыльной головне.

В дальнейшей работе важную роль сыграла коллекция ВИР. В гибридизацию были включены сорта Мильтурум 321, Псевдогостианум 303, Лютесценс 38 и как результат селекционером П. А. Вертелецким создан сорт Карагандинская 1.

Однако в полной мере проявилось значение коллекции ВИР в создании селекционером Я. К. Бычек замечательного сорта яровой мягкой пшеницы под названием Кзыл-бас, с привлечением в скрещивания образцов к-30182 (Дабл Кросс II—21-44) из США и сорта Флора из Австралии. В свое время этот сорт являлся основным в Центральном Казахстане. В настоящее время сорт Карагандинская 70, полученный методами гибридизации и отбора из к-428010 (Канада) × Саратовская 36 возделывается в Центральном, Северном Казахстане, а также районирован по 4-й зоне России. Авторы сорта – Я. К. Бычек и Г. А. Середа.

Однако это среднепоздние сорта. Стояла задача создать сорта, которые созревали бы раньше среднеспелого сорта Саратовская 29 и формировали зерно, относящееся к классу сильной пшеницы.

В институте провели ряд теоретических исследований и оказалось, что общее количество осадков, выпавших за период вегетации, безусловно, определяет уровень урожая, однако больше значение имеет характер их распределения по отношению к разным периодам развития яровой пшеницы. Прежде всего между урожайностью у среднеспелых и среднепоздних сортов и количеством осадков июня имеется сильная положительная корреляционная зависимость. С осадками июля эта связь была средней, с более высоким уровнем у среднеспелых сортов. В то же время анализ связи урожайности с гидротермическим коэффициентом показал, что гидротермические условия июля на эти сорта оказывают сильное влияние ($r > 0,7$).

Урожайность зерна яровой мягкой пшеницы как количественный признак зависит от наличия определенных структурных элементов, таких как число растений и стеблей на единице площади, а также от продуктивности колоса. Величина этих признаков определяется генотипом сорта, условиями среды, в которых находится растение. Характер изменчивости этих признаков, изучен на ранне-, средне- и среднепозднеспелых сортах в условиях Центрального Казахстана и не выходил за рамки общих закономерностей. Наиболее стабильные элементы структуры урожая масса 1000 зерен, выживаемость растений, длина колоса и число колосков в нем. Самый изменчивый показатель у сортов яровой мягкой пшеницы – урожайность, а среди ее элементов структуры – масса зерна с растения, продуктивная кустистость, число продуктивных колосьев на 1 $м^2$, масса зерна с главного колоса. Судя по результатам проведенных исследований, роль признаков в формировании урожая различна. Слабоварьирующие признаки обусловлены больше сортовыми особенностями, а сильноварьирующие в значительной степени зависят от внешних условий. Коэффициент вариации для сортов разной скороспелости находится в обратной зависимости от благоприятности складывающихся климатических условий. Так, более скороспелые сорта типа Саратовская 42 имели более низкие коэффициенты вариации элементов продуктивности главного колоса, чем среднеспелые. У среднепоздних сортов, с более растянутым периодом

всходы – колошение, сильнее варьирует количество зерен в колосе, так как складывающиеся условия дольше воздействуют на этот признак. Наоборот, по массе 1000 зерен сортовые различия незначительны. Это связано с тем, что масса 1000 зерен в большей мере определяется наследственными особенностями сортов.

Признаки, в значительной степени зависящие от условий возделывания, труднее улучшить селекционным путем, а так как масса зерна с колоса (V = 23,4 – 29,1%) варьирует значительно меньше, чем масса зерна с растения (V = 36,3 – 45,0%), то эти данные послужили обоснованием для проведения отбора при создании новых сортов по продуктивности главного колоса. Подтверждением этих выводов явились данные, полученные при анализе корреляционных связей урожайности с ее структурными элементами. По нашим данным, урожайность зерна находится в тесной корреляционной зависимости с массой зерна с растения. По основным признакам обнаружены довольно четкие сортовые различия. У раннеспелых сортов сильная сопряженность урожайности зерна наблюдается также с массой зерна с главного колоса, озерненностью и количеством в нем колосков. Урожайность среднеспелых сортов находится в тесной связи с озерненностью колоса, а у среднепоздних сортов – с массой зерна с колоса. Между урожайностью зерна и массой 1000 зерен по всем сортам наблюдается устойчивая средняя зависимость, однако с более высоким значением у раннеспелых сортов. Эти данные также дают возможность считать, что при создании раннеспелых сортов перспективно, наряду с повышением озерненности колоса увеличивать массу 1000 зерен.

Одним из важных элементов, определяющих величину урожайности яровой пшеницы, является число продуктивных стеблей на единице площади. В условиях Центрального Казахстана этот показатель находится в средней положительной зависимости от урожайности зерна. Формирование продуктивного стеблестоя в наших исследованиях в значительной степени зависело от количества осадков, выпавших за период всходы – колошение. Продуктивный стеблестой яровой пшеницы определяется нормой высева, устанавливаемой опытным путем для конкретной зоны, полевой всхожестью семян, сохранностью растений к уборке и продуктивной кустистостью.

В формировании полноценных побегов кущения важную роль играют сортовые особенности, а также условия произрастания сорта. Так, в наших исследованиях коэффициент корреляции между урожайностью и продуктивной кустистостью у среднепоздних сортов равнялся r = 0,20 ± 0,26, а у среднеспелых он поднялся до уровня тесной зависимости (r = 0,69 ± 0,21). В неблагоприятные по увлажнению годы, яровая пшеница в местных условиях почти не кустится (0,95–1,2), т. е. боковые побеги или вообще не образуются, или доля их участия в формировании продуктивности не превышает 3,3%. Однако в более благоприятные годы доля участия боковых колосьев в формировании урожайности доходит по сортам до 50,3–61,4%. Следовательно, в местных условиях кущение играет роль автоматического регулятора густоты стеблестоя. В засушливые годы боковые стебли если и образуются, то быстро отмирают, а во влажные годы кущение компенсирует низкие нормы высева и дает прибавку в урожае.

Таким образом, повышенная потенциальная продуктивная кустистость у новых сортов сможет обеспечить более высокую и устойчивую урожайность в различные по погодным условиям годы. Новые сорта в условиях раннелетней засухи должны формировать по одному побегу с максимальной продуктивностью главного колоса. В благоприятные годы продуктивная кустистость должна формироваться в пределах двух стеблей, но с их синхронным развитием. При полевой оценке сортов, особенно на первых этапах селекционного процесса, особое внимание обращается на ярусность побегов. Линии с признаками многоярусности подлежат браковке.

По нашему мнению, густота стеблестоя определяется потенциальной способностью сорта к кущению и является его наследственным свойством. Проводя отбор элит по признакам главного колоса (малый коэффициент вариации и высокая корреляционная связь с урожайностью), мы стремимся к оптимальному сочетанию признаков продуктивности. При

равенстве отобранных элит по числу зерен предпочтение отдаем более крупнозерным формам с хорошим наливом.

К основным методам селекции относятся гибридизация и отбор. При этом используют внутривидовую и межвидовую гибридизацию, индивидуальный отбор лучших колосьев. В процессе создания исходного селекционного материала методом гибридизации широко применяются повторные, тройные, насыщающие скрещивания гибридов первого поколения.

Отбор элит обычно проводят начиная со второго и продолжают, по особо ценным комбинациям, до пятого – шестого поколений. Основным агротехническим фоном является пар. Применяя в основном указанные методы, институт вывел сорта: Карагандинская 21, Карагандинская 22, Сары-Арка 27.

На 2004 г. сорт яровой мягкой пшеницы Карагандинская 22 районирован по Карагандинской, Кустанайской и Павлодарской областям Казахстана. Он создан методом отбора из гибридной популяции третьего поколения от скрещивания сортов Саратовская 42 × Целинная Юбилейная.

Превышение в урожайности обусловлено более продуктивным колосом за счет его озерненности и крупности зерна. Выше у нового сорта также сохранность растений к уборке (табл. 1).

Ценность сорта определяется комплексом технологических и мукомольно-хлебопекарных качеств. Данные табл. 2 показывают, что Карагандинская 22 уступает стандарту по натурной массе, но превосходит его по крупности зерна. Стекловидность и содержание белка у нового сорта находятся на уровне Саратовской 29, превосходя его по количеству клейковины на 1,8%.

Таблица 1. Результаты конкурсного испытания сорта яровой мягкой пшеницы Карагандинская 22 за 2002–2006 гг.

Показатель	Единица измерения	Сорта		Отклонение от стандарта
		Карагандинская 22	Саратовская 29 (ст.)	
Урожайность зерна	ц/га	17,1	14,3	+2,8
Вегетационный период	сут	92	94	-2,0
Высота растений	см	88	84	+4,0
Продуктивная кустистость	ед.	1,82	1,91	-0,15
Число колосков в колосе	шт	23,9	21,7	2,2
Масса 1000 зерен	г	43,1	39,5	3,6
Масса зерна с колоса	г	0,987	0,869	0,12
Сохранность растений к уборке	%	97,3	96,5	0,8

По показателям удельной работы деформации теста (W), отношению упругости к растяжимости (P|L), валориметрической оценке Карагандинская 22 относится к сильной пшенице в группе удовлетворительных и хороших улучшителей. Данные, полученные по пробной выпечке, а также общая хлебопекарная оценка также соответствуют требованиям хорошего улучшителя.

Таблица 2. Результаты технологического анализа зерна сорта яровой мягкой пшеницы Карагандинская 22 (в среднем за 2002–2004 гг.)

Показатель	Единица измерения	Сорта		Отклонение от стандарта
		Карагандинская 22	Саратовская 29 (ст.)	
Натура	г/л	774	794	-20,0
Масса 1000 зерен	г	43,9	41,1	+2,8

Стекловидность	%	50	49	+1,0
Содержание белка	%	13,2	13,3	-0,1
Клейковина	%	29,7	27,9	+1,8
ИДК-1	ед.	78	68	+10,0
Сила муки	ед.а.	356	400	-44,0
Отношение (P|L)	ед.	1,34	1,71	-0,37
Валориметрическая оценка	ед.	73	83	-10,0
Формоустойчивость	ед.	0,55	0,40	+0,15
Пористость	балл	4,5	4,4	+0,1
Объемный выход хлеба из 100 г муки	$см^3$	683	617	+66,0
Общая хлебопекарная оценка	балл	4,7	4,3	+0,4

Следует отметить, что при создании раннеспелого сорта существуют определенные трудности совмещения более высокой урожайности и хорошего качества зерна, а также продуктов его переработки. Результаты испытания среднеспелого сорта яровой мягкой пшеницы Карагандинская 22 показывают, что селекционным путем можно совместить скороспелость с комплексом положительных свойств и признаков.

Литература

1. *Дорофеев В. Ф.* Скороспелость зерновых колосовых культур и ее значение для сельского хозяйства // Тр. по прикл. бот., ген. и сел. Л.: ВИР, 1984. Т. 85. С. 3–6.
2. *Кузьмин В. П.* Селекция и семеноводство зерновых культур. М.: Целиноград, 1965. 165 с.
3. *Цыганков В. И., Цыганков И. Г.* Селекция сортов яровой пшеницы, адаптированных к условиям Западного Казахстана // Селекция яровой пшеницы для засушливых районов России и Казахстана. Барнаул, 2001. С. 139–160.

ПРОБЛЕМА ОЦЕНКИ ВЛИЯНИЯ ИЗМЕНЕНИЙ КЛИМАТА НА ПРОДУКТИВНОСТЬ АГРОСФЕРЫ: МОДЕЛИ, СЦЕНАРИИ И РЕЗУЛЬТАТЫ ДЛЯ СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА РОССИИ

О. Д. Сиротенко, Е. В. Абашина, В. Н. Павлова

Государственное учреждение «Всероссийский научно-исследовательский институт сельскохозяйственной метеорологии», г. Обнинск, Россия,

e-mail: ods.cxm@mail.ru, vnp2003@bk.ru

Резюме

Представлена имитационная система, позволяющая более полно с учетом прямых и обратных связей учитывать влияние изменений климата на составляющие углеродного баланса почв и продуктивность агроэкосистем. Приведены оценки влияния ожидаемых к 2020 и 2050 г. изменений климата на урожайность сельскохозяйственных культур на территории Воронежской области. Оценивается влияние наблюдаемых за последние десятилетия изменений климата на сельское хозяйство России.

THE PROBLEM OF EVALUATING THE EFFECT OF CLIMATE CHANGE ON PRODUCTIVITY OF THE AGROSPHERE: MODELS, SCENARIOS AND RESULTS FOR THE RUSSIAN AGRICULTURE

O. D. Sirotenko, E.V. Abashina, V. N. Pavlova

All-Russian Research Institute of Agricultural Meteorology, Obninsk, Russia

e-mail: ods.cxm@mail.ru, vnp2003@bk.ru

Abstract

The paper presents a simulation system that takes direct relations and feedbacks into account and allows

a more exhaustive estimation of the influence of climate changes on components of carbon balance in soils and efficiency of agroecosystems. The impact of climate changes expected by 2020 and 2050 on productivity of agricultural crops in the Voronezh Region is estimated. The influence of climate changes observed during the last decades on the agriculture of Russia is evaluated.

1. Физико-статистическая модель КЛИМАТ-УРОЖАЙ

Зависимость (F), ставящую в соответствие климатическим элементам и зависящим от них экологическим показателям – функциям времени (t) математическое ожидание вектора урожайности сельскохозяйственных культур (Y), естественно назвать функционалом КЛИМАТ–УРОЖАЙ:

$$\overline{Y} = F\,[T_i\,(t),\, R_i\,(t),\, W_i\,(t),\, V_i\,(t)], \qquad (1)$$

где t – время, i = 1, 2, ..., k – номер года, T_i – температура воздуха (°С). R_i – атмосферные осадки (мм), W_i – запасы продуктивной влаги (мм), V_i – скорость минерализации органического вещества почвы (тС/га/месяц).

Для идентификации этой модели климатические переменные и производные от них показатели должны быть заданы для периода продолжительностью не менее 2-3 десятилетий в соответствии с определением климата как ансамбля (статистического режима) условий погоды. Предлагаемую модель КЛИМАТ-УРОЖАЙ можно рассматривать как обобщение модели ПОГОДА–УРОЖАЙ для задач, связанных с оценкой последствий изменений климата.

Реализация численной схемы для определения $\overline{Y}$ сводится к построению субмоделей водного режима, углеродного режима и продуктивности для набора сельскохозяйственных культур, формирующих типичный севооборот в данном регионе.

С целью упрощения задачи выбран максимально агрегированный формат представления переменных: «область» – для пространственного осреднения, «месяц» – для временного осреднения.

а) Модель водного режима

Схема расчета среднемесячных влагозапасов пахотного и метрового слоев почвы за теплый период года реализована в форме уравнений регрессии вида:

$$W_i = aR_i + bR_{i-1} + cT_i + dT_{i-1} + eW_{i-1} + f_i, \qquad (2)$$

где W_i, W_{i-1} – запасы продуктивной влаги; T_i, T_{i-1} – средняя температура воздуха; R_i, R_{i-1} – осадки, i, i-1 – номера текущего и прошлого месяцев года; a,b,c,d,e,f – эмпирические коэффициенты, которые определяются для каждого месяца с марта по октябрь включительно и каждого региона.

Для расчета влагозапасов в марте вместо (2) используется уравнение регрессии, включающее в качестве предикторов влагозапасы почвы за октябрь прошлого года и суммы осадков за период с прошлого года по март данного года.

Адекватность схемы расчета среднемесячных запасов продуктивной влаги для пахотного и метрового слоев почвы подтверждают результаты испытаний для территории Воронежской области, представленные в табл.1.

Таблица 1. Коэффициенты корреляции рядов фактических и рассчитанных среднеобластных запасов продуктивной влаги для Воронежской области (по данным 12 агрометеорологических станций за 1950-1977 гг. [1])

Месяц	Слой почвы	
	0—20 см	0—100 см
май	0,831	0,822
июнь	0,801	0,799
сентябрь	0,742	0,515
октябрь	0,817	0,687

Информационная ценность данных о влажности почвы определяется тем, что запасы

продуктивной влаги являются наиболее надежным индикатором почвенной засухи. Снижение запасов продуктивной влаги в пахотном слое ниже 20 мм считается началом засушливого периода, а ниже 10 мм – началом сухого периода.

Возможная аридизация климата в результате глобального потепления – основная опасность для сельского хозяйства России, связанная с ожидаемыми изменениями природной среды в XXI веке. Влагозапасы почвы по этой причине позиционируются как один из основных показателей мониторинга изменений климата.

б) Модель углеродного режима

Основу предлагаемой модели составляет система обыкновенных дифференциальных уравнений, описывающих многолетнюю динамику легко разложимых (ЛОВ) и стабильных органических веществ (СОВ) (рис.). В составе ЛОВ представляется необходимым выделить две компоненты – растительные остатки в почве и на ее поверхности (R) и органические удобрения (F), которые в дальнейшем могут быть разделены на несколько видов.

$$\frac{dR}{dt} = I_R - \alpha\, k_R\, R - (1-\alpha) k_R \left(1 - \frac{H}{H_m}\right) R, \tag{3}$$

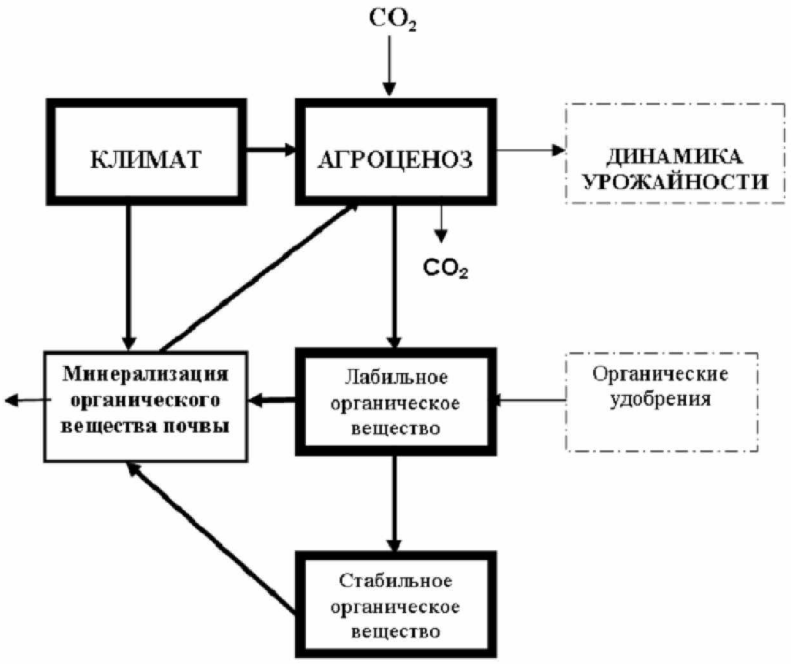
$$\frac{dF}{dt} = I_F - \alpha\, k_F\, F - (1-\alpha) k_F \left(1 - \frac{H}{H_m}\right) F, \tag{4}$$

$$\frac{dH}{dt} = (1-\alpha)\left(1 - \frac{H}{H_m}\right)(k_R\, R + k_F\, F) - k_H\, H\,. \tag{5}$$

Таким образом, задача определения динамики углеродного режима агросферы сводится к решению краевой задачи для следующей системы дифференциальных уравнений:

Здесь H, R и F – количество углерода в гумусе, растительных остатках и органических удобрениях, соответственно; I_R, I_F – скорость поступления углерода с растительными остатками и органическими удобрениями; k_R, k_F и k_H – коэффициенты разложения растительных остатков, органических удобрений и гумуса соответственно;

H_m– максимально возможное содержание гумуса (по массе углерода); a – коэффициент, делящий поступающую ЛОВ на разлагаемую (a) и гумифицируемую (1-a) компоненты. СОВ в данном случае ассоциируются с гумусом. Значения трех подлежащих определению функций – H, R и F полагаются известными в начальный момент времени t = 0:



Имитационная система КЛИМАТ–ПОЧВА–УРОЖАЙ

$$H(t) = H_0,\ k(t) = R_0 \text{ и } F(t) = F_0 \text{ для } t = 0 \quad (6)$$

Полагается, что коэффициенты разложения растительных остатков (k_R), органических удобрений k_F и гумуса k_H зависят от текущих значений температуры T_i и влажности почвы W_i в слое 0–20 см. Эта функция для всех трех компонент органического вещества представляется в виде:

$$k_j = k_{0j}\left[1 - \exp\left(-0{,}000T^{1{,}6} \cdot W\right)\right], \quad (7)$$

где k_{0j} – максимально возможная скорость минерализации R, F и H соответственно, $j \in R, F, H$. Функция (7) идентифицирована по данным наблюдений [4].

Выражение в квадратных скобках в правой части (7) можно назвать гидротермическим коэффициентом разложения органического вещества почвы. Скорость разложения органического вещества почвы ограничивается весной и осенью пониженными температурами и падает летом в результате высыхания почвы.

в) Модели продуктивности сельскохозяйственных культур

Для оценки влияния изменений климата на урожайность сельскохозяйственных культур чаще всего используются уравнения регрессии ПОГОДА-УРОЖАЙ, связывающие урожайность с метеорологическими факторами – температурой и осадками за период вегетации. В недавней публикации Лоубелла и Филда [3] ряды урожайности, температуры воздуха и осадков в моделях ПОГОДА-УРОЖАЙ представлены в форме первых разностей, что позволило устранить влияние ближних трендов и привело к и повышению тесноты оцениваемых статистических связей.

Для оценки влияния изменений климата на урожайность представляется достаточным в качестве первого приближения идентифицировать искомые зависимости в виде уравнений регрессии:

$$y_p = a_p T + b_p W + c_p V + d_p, \quad (8)$$

где p – индекс сельскохозяйственной культуры; a_p, b_p, c_p и d_p – оценки коэффициентов регрессии. Символами T, W и V – обозначим все возможные показатели, характеризующие соответственно теплообеспеченность, влагообеспеченность и условия минерального питания на протяжении того или иного отрезка вегетационного периода.

В качестве примера реализации предлагаемого подхода представим зависимости вида (8) для расчета среднеобластной урожайности всех зерновых культур (y_1), озимой пшеницы (y_2), ярового ячменя (y_3), подсолнечника (y_4) и сахарной свеклы (y_5) для территории Воронежской области:

$$y_1 = 20{,}62 + 20{,}27V_S - 0{,}582T_5 - 0{,}422T_6 + 0{,}155W_6^1, \quad R = 0{,}84, \quad \sigma_y = 3{,}2 \text{ ц/га}, \quad (9)$$

$$y_2 = 9{,}84 + 29{,}0V_S - 0{,}495T_5 + 0{,}049R_5, \quad R = 0{,}80, \quad \sigma_y = 4{,}64 \text{ ц/га}, \quad (10)$$

$$y_3 = 32{,}77 + 17{,}6V_S - 0{,}734T_5 - 0{,}86T_6 + 0{,}041R_6, \quad R = 0{,}84, \quad \sigma_y = 3{,}94 \text{ ц/га}, \quad (11)$$

$$y_4 = 1{,}58 + 3{,}61V_S + 0{,}679T_6 - 0{,}411T_7 + 0{,}047R_6, \quad R = 0{,}63, \quad \sigma_y = 2{,}36 \text{ ц/га}, \quad (12)$$

$$y_5 = 133 + 165{,}89V_6 - 2{,}926T_7 + 0{,}759R_6 + 0{,}446W_8^2, \quad R = 0{,}72, \quad \sigma_y = 34{,}70 \text{ ц/га}, \quad (13)$$

где V_S, V_6 – масса минерализовавшихся растительных остатков (тС/га) за весь учитываемый период с сентября прошлого года по июнь и за июнь соответственно (тС/га); T_5, T_6 – средняя температура воздуха за май, июнь (°С); R_6 – осадки за июнь, (мм); W^1_6, W^2_8 – запасы продуктивной влаги в пахотном слое (1) в июне и в метровом слое (2) – в августе соответственно, (мм).

Уравнения (9) – (13) позволяют объяснить от 40 до 70 % (R = 0,63 для подсолнечника и 0,84 для озимой пшеницы) междугодичной изменчивости урожайности сельскохозяйственных культур, что дает возможность использовать их для оценки возможных последствий изменений климата.

2. Сценарии наиболее вероятных изменений климата

Согласно определению межправительственной группы экспертов по изменению климата (МГЭИК) [2] под климатическим сценарием следует понимать правдоподобную (вероятную)

эволюцию климата в будущем, согласующуюся с предположениями о будущих эмиссиях парниковых газов и других атмосферных примесей, а также с представлениями о воздействии соответствующих изменений их концентраций на климат. Предпочтительными для импактных оценок климатических изменений считаются сценарии, полученные с помощью моделей общей циркуляции атмосферы и океана (МОЦАО). Наиболее надежными представляются импактные исследования, выполненные на основании ансамблей специально отобранных МОЦАО [2]. В табл. 2 представлен фрагмент сценариев изменений климата для Центрального федерального округа, рассчитанный по ансамблю из МОЦАО в ГУ ГГО [2].

Анализ влияния ожидаемых изменений климата на сельское хозяйство следует, по-видимому, начинать с исследования режима увлажнения как ведущего фактора, определяющего продуктивность. В табл. 2 помимо изменений температуры воздуха и осадков приведены рассчитанные по уравнениям (9) – (13) изменения запасов продуктивной влаги в пахотном слое почвы. Из этих данных следует, что изменения климата приведут к круглогодичному росту температуры воздуха на 0,64-1,17°С к 2011-2030 гг. и на 1,74-3,33°С к 2041-2060 гг. Месячные суммы осадков также возрастут во все месяцы года, за исключением июля и августа для первого этапа потепления и июля–сентября – для второго этапа потепления. Повышение температуры ведет к уменьшению влагозапасов почвы из-за роста испарения, тогда как увеличение осадков естественно способствует их росту. Под влиянием этих двух разнонаправленных воздействий влажность почвы при реализации ансамблевого сценариия изменения климата на территории Воронежской области повышается в марте–апреле и падает в остальные месяцы теплого периода года (табл. 2). Число засушливых месяцев (с запасами продуктивной влаги ниже 10 мм в слое 0–20 см) повышается на 16 % к 2011-2030 гг. и на 43% к 2041-2060 гг. Таким образом, можно заключить, что потепление по ансамблевому сценарию ведет к аридизации климата и росту повторяемости почвенных засух на территории Воронежской области.

3. Оценки влияния изменений климата на продуктивность сельского хозяйства РФ

Оценки влияния ожидаемых по ансамблевому сценарию изменений климата представлены в табл 3. Изменения урожайности рассчитаны как с учетом непосредственного влияния изменения термических условий и увлажненности на продуктивность агроценоза, так и без учета представленной на рисунке обратной связи агроценоз → лабильное органическое вещество почвы → агроценоз.

Таблица 2. Ансамблевый сценарий ожидаемых изменений климата к 2020 г. и 2050 г. в Центральном федеральном округе

Период осреднения, годы	Месяц											
	янв.	фев.	март	апр.	май	июнь	июль	авг.	сен.	окт.	ноя.	дек.
температура, °С												
2011–2030	0,97	1,00	0,78	0,84	0,64	0,90	1,11	0,91	1,01	0,66	0,82	1,17
2041–2060	3,06	3,33	2,27	2,23	1,74	1,94	2,05	1,97	1,92	1,76	2,19	2,99
сумма осадков, %												
2011–2030	4,42	6,12	7,15	3,69	4,47	1,6	-0,80	-0,08	0,72	3,39	3,35	1,96
2041–2060	13,15	12,87	8,76	9,08	7,76	1,02	-1,72	-1,95	-0,64	4,75	6,28	7,30
влагозапасы почвы, %												
2011–2030	–	–	0,27	2,32	-4,79	-1,74	-4,13	-3,36	-9,20	-5,22	–	–
2041–2060	–	–	0,0	5,04	-13,3	-4,35	-7,44	-8,40	-18,39	-12,17	–	–

Потепление по приведенному выше ансамблевому сценарию ведет к заметной аридизации климатических условий. Рост засушливости весенне-летнего периода обуславливает снижение урожайности в первую очередь ранних яровых культур. В результате аридизации урожайность ярового ячменя к 2020 г. может снизиться на 8%, а к 2050 г. почти на 20%.

Таблица 3. Оценки возможных изменений урожайности к 2020 г. и 2040 г. при реализации ансамблевого климатического сценария на территории Воронежской области

Сельскохозяйственная культура	Климат							
	2011—2030 гг.				2041—2060 гг.			
	ц/га		%		ц/га		%	
Зерновые	-0,8	-1,0	-4,7	-5,9	-1,9	-2,5	-11,2	-14,7
Озимая пшеница	-0,2	-0,6	-1,0	-2,9	-0,7	-1,5	-3,4	-7,3
Яровой ячмень	-1,3	-1,4	-7,5	-8,0	-3,0	-3,4	-17,2	-19,5
Подсолнечник	+0,2	+0,2	+1,9	+1,9	+0,6	+0,5	+5,8	+4,8
Сахарная свекла	-4,6	-5,0	-2,9	-3,2	-7,8	-8,9	-4,9	-5,7
Обозначение: 1,2 – изменения урожайности с учетом и без учета реакции ЛОВ								

Озимые зерновые пострадают при этом в значительно меньшей степени в результате роста осадков в холодный период года. Падение урожайности озимых зерновых, по-видимому, не превысит 3% к 2020 г. и 7% – к 2050 г. Урожайность всех зерновых культур в целом уменьшится на 5-6% и на 14-15% к 2020 г. и 2050 г. соответственно.

Вместе с тем ожидаемое аридное потепление климата приведет к улучшению агрометеорологических условий для подсолнечника как более теплолюбивой культуры и росту продуктивности этой культуры. К 2020 г. ожидается рост урожайности подсолнечника на 2%, а к 2050 г. – на 5%. Урожайность сахарной свеклы в Воронежской области при ожидаемом потеплении уменьшится незначительно – не более 6% к 2050 г. Следует отметить, что представленные в табл. 3 результаты получены без учета адаптации агротехники к изменениям климата. Исследования последних лет показывают, что адаптация может существенно изменить оценки влияния изменений климата на сельское хозяйство. Так, одна лишь оптимизация сроков сева при изменении климата может привести к повышению урожайности на 3-5%.

Полученные нами данные, подтверждают необходимость учета влияния изменений климата на углеродный баланс и, следовательно, на плодородие почв. Отсутствие учета этой обратной связи ведет к недооценке ожидаемых изменений урожайности. Предложенный подход позволяет учесть изменение содержания стабильного органического вещества – гумуса (рис.) и уточнить полученные оценки влияния изменений климата. Однако, анализ этого вопроса выходит за рамки данной публикации.

В заключение представим результаты анализа влияния наблюдаемых за последние десятилетия изменений климата на продуктивность зернового хозяйства России.

Для расчета обусловленного климатом изменения урожайности основных зерновых культур за период взрывного потепления с 1975 г. по 2006 г. (n=32) использованы уравнения множественной регрессии, связывающие приращение урожайности (ΔY) с приращением величин метеорологических факторов – температуры мая и июня (ΔT_5, ΔT_6) и соответствующих сумм осадков (ΔP_5, ΔP_6):

$$\Delta Y = a_0 + a_1 \Delta T_5 + a_2 \Delta T_6 + a_3 \Delta P_5 + a_4 \Delta P_6 \qquad (14)$$

Эффективность перехода от классических уравнений множественной регрессии к уравнениям, представленным в виде первых разностей, можно оценить по данным табл. 4. Можно видеть, что использование уравнений регрессии в разностной форме позволяет повысить долю учитываемой дисперсии урожайности, связанной с изменчивостью метеорологических факторов для рассматриваемого региона в целом с 56 до 70%. Заметим, что выбранный регион охватывает 50% территории РФ, занятой посевами зерновых и зернобобовых культур.

Из данных табл. 4 следует, что практически на всей рассматриваемой территории, за исключением Краснодарского края, наблюдался положительный климатообусловленный тренд урожайности зерновых и зернобобовых культур. В целом для всего региона тренд урожайности, вызванный изменениями климатических факторов, составляет 3,5% за десятилетие.

Таблица 4. Климатообусловленные изменения урожайности зерновых и зернобобовых в целом для основных зернопроизводящих республик, краев и областей РФ, вызванные изменениями климата с 1975 г. по 2006 г.

Край, область, республика	Приращения урожайности		Доля объясненной дисперсии, (%)	
	ц/га/10 лет	%/10 лет	I*	II*
Алтайский край	0,23	2,20	55,6	66,2
Оренбургская	0,51	5,24	46,5	75,7
Ростовская	0,17	0,90	59,0	72,9
Саратовская	0,70	6,34	61,6	75,7
Омская	0,45	3,68	60,1	53,1
Волгоградская	0,61	4,81	55,2	80,8
Краснодарский край	-0,71	-2,04	39,6	59,0
Ставропольский край	1,13	4,93	73,1	73,3
Башкортостан	0,23	2,20	57,5	63,5
Татарстан	0,51	5,24	53,3	80,5
Регион	**0,38**	**3,35**	**55,8**	**69,8**
* I – классическое уравнение регрессии, II – уравнение регрессии для первых разностей				

В табл. 5 представлены более общие оценки приращений продуктивности зерновых и зернобобовых культур, вызванные изменениями климата за последние три десятилетия для всей территории РФ. В основных зернопроизводящих районах Приволжского и Южного ФО, климатообусловленный прирост урожайности зерновых и зернобобовых в среднем составил 2,4% за 10 лет.

Таблица 5. Климатообусловленные приращения урожайности зерновых культур по федеральным округам России за период с 1975-2006 гг.

Федеральный округ	Зерновые и зернобобовые в целом	Озимая пшеница	Яровой ячмень	Зерновые и зернобобовые в целом	Озимая пшеница	Яровой ячмень
	ц/га за 10 лет			% за 10 лет		
Приволжский	0,32	,47	,26	2,6	2,8	2,1
Южный	,30	,36	,44	2,2	2,0	3,2
Центральный	-,02	,06	-,02	-0,3	0,4	-0,2
Сибирский	,16	–	,19	1,6	–	2,0
Дальневосточный	-,21	–	-,08	-1,9	–	-0,7
Уральский	,23	,10	,15	1,7	0,6	1,1

Таким образом, наблюдаемые изменения климата за последние 30 лет привели к росту урожайности зерновых и зернобобовых культур на 7,2%. В то же время, к неблагоприятным воздействиям изменений климата за последние десятилетия можно отнести снижение урожайности зерновых на Дальнем Востоке (-5,7%) и в Центральном регионе (-0,9%). Реакция урожайности озимой пшеницы на современные изменения климата положительна практически на всей территории возделывания этой культуры.

Литература

1. *Мещерская А.В., Болдырева Н.А., Шапаева Н.Д.* Средние областные запасы продуктивной влаги в почве и высота снежного покрова. Статистический анализ и примеры использования. Л.: Гидрометеоиздат, 1982. 243 с.
2. Оценочный доклад об изменениях климата и их последствиях на территории Российской Федерации. Изменения климата. М. 2008. Т. 1. 228 с.
3. *Lobel David B., Field Christopher B.* Global scale climate–crop yield relationships and the impacts of recent warming // Environ. Res. Lett. IOP Publishing. 2007. № 2. P 1-7.
4. *Wildung R.E., Garland R.L., Buschbom R.L.* The independent Effects of Soil Temperature and Water Content on Soil Respiration and Plant Root Decomposition in Arid Grassland Soils // Soil. Biol. Biohem. Pergamon Press. 1975. V.7. P. 373-378.

ГЕНОФОНД ПШЕНИЦЫ, РЖИ И ТРИТИКАЛЕ В СИБНИИРС КАК ОСНОВА СОЗДАНИЯ СЕЛЕКЦИОННЫХ ФОРМ ДЛЯ РАЗНЫХ КЛИМАТИЧЕСКИХ ЗОН СИБИРИ

П. И. Степочкин, И. Е. Лихенко, Г. В. Артемова, А. Ф. Зырянова, В. И. Пономаренко
Государственное научное учреждение Сибирский научно-исследовательский институт растениеводства и селекции СО Россельхозакадемии, Новосибирск, Россия
e-mail: peter_stepochkin@ngs.ru

Резюме

В ГНУ СибНИИРС создан сибирский генофонд пшеницы, ржи и тритикале различного образа жизни, что позволяет создать селекционные формы и сорта для разных моделей возможного изменения климата в Сибири. Своеобразие генофонда озимых форм заключается в возникновении в их популяциях спонтанных яровых мутантов. Они являются двуручками и могут переходить к генеративному развитию как при осеннем, так и при весеннем севе. На основе мировой коллекции ВИРа и сибирского генофонда созданы новые сорта и селекционные формы разных групп спелости для различных географических и климатических зон.

WHEAT, RYE AND TRITICALE GENE POOL IN SIBRIPP&B AS A BASIS FOR PRODUCING BREEDING FORMS FOR VARIOUS CLIMATIC AREAS OF SIBERIA

P. I. Stepochkin, I. E. Likhenko, G. V. Artemova, A. F. Zyryanova, V. I. Ponomarenko
State scientific institution Siberian Research Institute of Plant Industry SD of Rosselkhozacademii, Novosibirsk, Russia, e-mail: peter_stepochkin@ngs.ru

Abstract

Is produced Siberian gene pool of wheat, rye and triticale of different life habits, which enables to produce breeding forms and varieties for various models of possible climatic changing in Siberia. Winter crops gene pool peculiarity is the appearance of spontaneous spring mutants in their populations. They are plants of alternative habit of life and can transit to the generative way of development after autumn as well as spring sowing. Are produced new varieties and breeding forms of different maturity and for various geographical and climatic areas on the basis of the VIR world collection and Siberian gene pool.

Введение

Большинство сортов пшеницы, ржи и тритикале сибирской селекции, включенные в Государственный реестр РФ, созданы на основе использования в гибридизации форм из мировой коллекции ВИР [1]. С ее участием в ГНУ СибНИИРС получены все сорта этих злаковых культур. В сибирский генофонд входят лучшие из коллекционных образцов, все созданные в институте сорта и наиболее перспективные селекционные формы. Использование рабочей коллекции селекционеров позволяет обогатить и расширить генофонд за счет поступления новых форм, несущих те или иные полезные признаки. Лучшие из таких форм на основе изучения и оценки в питомниках генофонда рекомендуются для дальнейшей селекционной работы.

Селекционеру приходится считаться с изменением климатических условий в связи с глобальным потеплением. Помимо температурных факторов, необходимо учитывать и другие возможные последствия для того, чтобы прогнозировать успех в будущей селекции, который основывается на большом потенциале разнообразия форм мировой коллекции и возможности использования местного генофонда растений.

Задача статьи – выявить разнообразие форм генофонда пшеницы, ржи и тритикале для использования в различных климатических условиях.

Материал и методы

В генофонд пшеницы, ржи и тритикале в СибНИИРС включены образцы, выделенные по результатам многолетнего изучения по признакам устойчивости и хозяйственно-полезным свойствам.

У озимых форм основным лимитирующим признаком является зимостойкость, которая в

условиях Сибири складывается в основном из морозостойкости, способности выдерживать длительный снежный покров, возвратные весенние заморозки и устойчивости к выпреванию.

Естественным путем отобрались из гибридных популяций наиболее зимостойкие формы, которые составили основу генофонда озимых культур.

Критерием для включения в генофонд яровой пшеницы является наличие полезных признаков и свойств, повышающих устойчивость к неблагоприятным факторам среды, качество продукции и ее технологичность. Сибирские сорта и селекционные формы составляют наиболее ценную часть генофонда, стабильно проявляя высокие адаптационные способности к неблагоприятным факторам среды как во времени по ряду лет исследований, так и в пространстве, охватывая широкий климатический ряд зон на всем пространстве возделывания этих культур в Сибири [2].

В последние годы в генофонд включены спонтанные яровые мутанты пшеницы, ржи и тритикале. Они получены путем выделения растений, переходящих к генеративному развитию без яровизации, из популяций озимых культур при их весеннем севе, который являлся селективным фоном для выделения яровых растений [3, 4]. Потомства с этих растений изучали при весеннем и осеннем севе.

Результаты исследований и обсуждение

За 30-летний период изучено свыше 14 тыс. сортообразцов [5]. Образцы генофонда яровой пшеницы различаются по длительности периода вегетации, устойчивости к засухе, к низким и высоким температурам, прорастанию на корню во влажные годы. Их использование позволяет создать селекционные формы и сорта для разных климатических зон и различных погодных условий в течение периода вегетации. Основу генофонда составляют сорта, которые дифференцируются по группам спелости. К раннеспелым отнесены образцы с вегетационным периодом до 73 дней. В группу среднеспелых объединены среднеранние, среднеспелые и среднепоздние образцы.

С 1997 по 2006 г. из 170 выделившихся по комплексу хозяйственно-важных признаков (высокой продуктивности, устойчивости к неблагоприятным факторам среды) образцов раннеспелых оказалось 17 (10%). За период изучения 2004–2006 гг. из 160 выделившихся новых образцов группа раннеспелых увеличилась до 20,6% (табл. 1). Увеличение числа раннеспелых сортов, на наш взгляд, связано с потеплением климата и продвижением их в северные регионы, где период вегетации короче, а световой день в летнее время длиннее.

Таблица 1. Число выделившихся по комплексу хозяйственно-полезных признаков образцов разных групп спелости из генофонда мягкой яровой пшеницы в ГНУ СибНИИРС

Годы изучения генофонда	Число выделившихся образцов						
	всего	раннеспелых		среднеспелых		позднеспелых	
		шт.	%	шт.	%	шт.	%
1997 – 2006	170	17	10	145	85,3	8	4,7
2004 – 2006	160	33	20,6	122	76,3	5	3,1

Сибирь традиционно считается экстремальной зоной возделывания для озимой пшеницы. Успехи в создании сортов озимой пшеницы в последние два десятилетия связаны как с применением методов мутагенеза и отдаленной гибридизации [6, 7], так и с повышением температуры на глубине узла кущения в связи с глобальным потеплением. Однако говорить об интродукции сортов озимой пшеницы европейского и иностранного происхождения пока еще рано. Даже коллекционный материал ППГ, полученный из Московской обл., оказался слабозимостойким для Сибирского региона. Генофонд озимой пшеницы состоит из сортов и селекционных форм сибирского происхождения, полученных в разные годы в Омске, Новосибирске и Алтайском крае. Стандартом служит первый районированный в Сибири сорт Альбидум 12, полученный из ППГ. В настоящий момент возделываются в Новосибирской обл. сорта Новосибирская 32 и Кулундинка, в Омской обл. и

Казахстане Омская озимая, в Алтайском крае – Багратионовка.

Устойчиво в Сибирском регионе и на Дальнем Востоке возделываются сорта ржи селекции СибНИИРС. Это диплоидный сорт Короткостебельная 69, тетраплоидные сорта Тетра Короткая и Влада. Устойчивость к низким зимним температурам первым двум сортам передалась от сорта Омка, который был переведен на короткостебельную основу многократным беккроссированием на донор доминантного гена низкостебельности – образец из ВИРа к-10028. Тетраплоидный сорт Влада включает генетический материал широко распространенных сортов Чулпан и Короткостебельная 69 и является источником высокой продуктивности. Сочетание высокой зимостойкости, устойчивости к полеганию, повышенной продуктивности, в результате перевода на тетраплоидный уровень, оказались решающими в плане продвижения этой культуры на север и восток Сибирского региона.

Два сорта озимых тритикале Цекад 90 и Сирс 57, полученные на основе ржи Короткостебельная 69, обладают высокой зимостойкостью, устойчивостью к полеганию, высоким потенциалом урожайности и служат источниками этих признаков. Возделываются в регионах Западной Сибири – Новосибирской, Кемеровской, Тюменской и Томской областях. Сочетания таких свойств удалось добиться включением в родословную родительских форм, несущих эти признаки (рисунок). От высокоморозостойкой, но мелкозерной пшеницы Цезиум 39 тритикале наследовал признак высокой морозостойкости и зимостойкости, от сорта Краснодарская 39 – высокую продуктивность. Сорт ржи Короткостебельная 69 передал тритикале устойчивость к полеганию и высокую морозостойкость. Амфидиплоид АД 3/5 привнес свойство хорошей выполненности зерна и высокую продуктивность.



Родословная озимой тритикале Цекад 90

Используя весенний сев озимых культур пшеницы, ржи и тритикале в качестве селективного фона удалось выделить растения, которые переходили к генеративному развитию без необходимости в яровизации [8, 9]. Чтобы выяснить, в какой степени эти новые формы способны расти и развиваться при осеннем посеве в типичные для исходных озимых культур сроки сева, мы в начале сентября 2002, 2003 и 2004 гг. высевали на 1-метровых делянках некоторые яровые формы наряду с коллекционными и селекционными формами озимых культур. Все яровые формы пшеницы, ржи и тритикале, выделенные из популяций озимых, перезимовали в разной степени, что позволяет считать их двуручками (табл. 2). На уровне озимых форм перезимовывала двуручка тритикале О.312/37 S_3. Двуручками также можно считать коллекционные образцы яровых тритикале ПРАГ 447, Crato и изогенные

линии пшеницы Скороспелка 3б по генам *Vrn 2* и *Vrn 3*, которые перезимовали дважды, хотя и в слабой степени. Яровые сорта пшеницы Удача, Тулеевская, Тулайковская 10, Дархан 106, Ирень, Marshall, Tul и TJA-2 не перезимовали. Они, по-видимому, несут в себе набор доминантных аллелей генов *Vrn* 1 и *Vrn* 2.

Растения-двуручки способны переходить к генеративной фазе развития как при осеннем, так и при весеннем посеве. В литературе имеются сведения о создании сортов пшеницы двуручек, которые не уступают по продуктивности и озимым, и яровым сортам [10].

Таблица 2. Перезимовка форм пшеницы, ржи и тритикале в разные годы

Культура	Сорт	Тип развития	Перезимовка, балл		
			2003 г.	2004 г.	2005 г.
Пшеница	Скороспелка 3б (Vrn1)	Яровая	–	0	0
	Скороспелка 3б (Vrn2)	Яровая	–	9	1
	Скороспелка 3б (Vrn3)	Яровая	–	5	3
	Удача	Яровая	–	0	0
	Тулеевская	Яровая	–	0	0
	Тулайковская 10	Яровая	–	0	0
	Дархан 106	Яровая	–	0	0
	Ирень	Яровая	–	0	0
	Marshall	Яровая	–	0	0
	Tul	Яровая	–	0	0
	TJA-2	Яровая	–	0	0
	Лютесценс 105/5	Двуручка мутант	1	10	4
	Лютесценс 105/7	Двуручка мутант	2	10	8
	Лютесценс 105	Озимая	4	9	8
Тритикале	Crato	Яровая	1	6	1
	ПРАГ 447	Яровая	–	4	5
	О.312/151	Двуручка мутант	4	10	9
	О.312/37	Двуручка мутант	10	10	10
	Цекад 90	Озимая	10	10	10
Рожь 2n	Короткостебельная 69	Двуручка мутант	10	10	10

Имеются сообщения, что сорта пшеницы, сочетающие эти доминантные гены, являются истинно яровыми [11]. Линия Скороспелка 3б *Vrn1*, имеющая генотип *Vrn1 Vrn1 vrn2 vrn2 vrn3 vrn3 vrn4 vrn4,* в наших опытах не перезимовывала, в то время как Лютесценс 105/5, у которой, как мы предполагаем на основании наших исследований [12], также есть ген *Vrn1*, перезимовывала во все годы изучения. Одним из возможных объяснений такого факта мы считаем наличие у Лютесценс 105/5 слабой аллели этого гена, а у Скороспелки 3б – сильной.

Мутантная форма-двуручка Лютесценс 105/7 по зимостойкости не уступает исходной популяции озимой пшеницы Лютесценс 105 и, скорее всего, обладает слабым аллелем гена *Vrn2*. Вегетационный период ее почти на месяц длиннее, чем у Лютесценс 105/5, и составляет более 100 дней.

Заключение

В ГНУ СибНИИРС создан сибирский генофонд пшеницы, ржи и тритикале различного образа жизни, что позволяет создать селекционные формы и сорта для разных моделей возможного изменения климата в Сибири. Своеобразие генофонда озимых форм пшеницы, ржи и тритикале заключается в возникновении в их популяциях спонтанных яровых мутантов, которые, являясь двуручками, могут переходить к генеративному развитию как при осеннем, так и при весеннем севе. На основе мировой коллекции ВИР и сибирского генофонда созданы новые сорта и селекционные формы разных групп спелости для различных географических и климатических зон.

Литература

1. *Гончаров Н. П.* Сравнительная генетика пшениц и их сородичей. Новосибирск: Сиб. унив. изд-во, 2002. 251 с.
2. *Гончаров П. Л., Гордеева Т. Н., Шаламанова Л. Н.* Каталог сортов с.-х. культур, созданных учеными Сибири и включенных в Госреестр РФ (районированных) в 1929–2003 гг. Новосибирск: ГУП РПО СО РАСХН, 2003. 269 с.
3. *Рутц Р И.* Научные основы и практические результаты селекции яровой мягкой пшеницы и озимых мятликлвых культур в Западной Сибири. Новосибирск: ИПЦ «Юпитер», 2005. 624 с.
4. *Стёпочкин П. И., Сотник А. Я., Зырянова А. Ф.* Особенности формирования сибирского генофонда зерновых культур // Тез. докл. междунар. науч.-практ. конф.: Проблемы стабилизации и развития с.-х. производства Сибири, Монголии и Казахстана в XXI в. Новосибирск: РПО СО РАСХН, 1999. Ч. 1. С. 294–295.
5. *Стёпочкин П. И., Артёмова Г В.* Создание и изучение коллекции спонтанных яровых мутантов пшеницы, ржи и тритикале в СибНИИРС // Сб. докл. II Вавиловской Междунар. конфер. СПб., 2007. С. 350–352.
6. Стёпочкин *П. И., Артёмова Г В.* Выявление и изучение криптоэлементов в популяциях озимой пшеницы, ржи и тритикале // Достижения науки и техники АПК. 2008. № 2. С. 28–30.
7. *Стёпочкин П. И., Зырянова А. Ф., Рудькова Л. В., Сорочинская Н. Т.* Каталог коллекционных образцов яровой мягкой пшеницы. (Результаты изучения в условиях лесостепи Западной Сибири). Новосибирск: ИПЦ ЦХНТБ СО Россельхозакадемии, 2008. 38 с.
8. *Филобок В. А., Беспалова Л. А., Гусенкова У. А.* Первые результаты селекции сортов пшеницы альтернативного образа жизни // Сб. науч. тр.: Эволюция науч. технол. в растениеводстве. Пшеница. Краснодар, 2004. Т. 1. С. 110–118.
9. *Чекуров В. М., Козлов В. Е.* Озимая пшеница и эффективное использование агроклиматических ресурсов // Повышение эффективности селекции и семеноводства с.-х. растений. Докл. и сообщ. VIII ген.-сел. школы. Новосибирск, 2002. С. 105–111.
10. *Stepochkin P. I.* Study and utilization of spontaneous spring mutations of wheat, rye and triticale in Siberia // Proceed. 14th Intern. EWAC Conf. 6–10 May 2007. Instanbul, Turkey, 2007. P. 148–154.

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ КОЛЛЕКЦИИ ВИР ДЛЯ СОЗДАНИЯ СОРТОВ ОЗИМОЙ ПШЕНИЦЫ В УСЛОВИЯХ СРЕДНЕГО ПОВОЛЖЬЯ

И. Д. Фадеева, Г. Н. Валиуллина

Государственное научное учреждение «Татарский научно-исследовательский институт сельского хозяйства», Казань, Россия, e-mail: fad-ir2540@mail.ru

Резюме

Для решения проблем селекции выявлены источники хозяйственно ценных признаков, устойчивости к биотическим факторам, технологического качества зерна. Нами создан новый сорт озимой пшеницы Надежда, отличающийся повышенной урожайностью, хорошими хлебопекарными качествами, устойчивостью к болезням.

THE USE OF COLLECTION OF VIR FOR SELECTION OF WINTER WHEAT IN CONDITION EVERAGE VOIGA REGION

I. D. Fadeeva, G. N. Valiullina

Tatar research institute of agriculture, Kazan, Russia, e-mail: fad-ir2540@mail.ru

Abstract

For the decision of problem of selection sources to economic valuable attributes, stability to biotic factors, technological qualities of grain are revealed. We create a new variety of the winter wheat Nadejda, with the higher productivity, good baking qualities end resistant to disease.

Рост урожайности озимой пшеницы за последние десятилетия базируется на достижениях селекции и совершенствовании технологии возделывания. Озимая пшеница является культурой с высоким биологическим потенциалом продуктивности, реализация которого во многом определяется устойчивостью к неблагоприятным факторам среды конкретного сельскохозяйственного региона. Государственный реестр селекционных достижений РФ (2009 г.) включает 189 сортов озимой пшеницы. Из них 23 сорта разрешены к использованию по Средневолжскому (7-му) региону, в состав которого входит Республика Татарстан. Районированные в регионе сорта различаются по качественным характеристикам зерна: 4 включены в списки сильных пшениц, 8 ценных, 2 сорта являются мягкозерные. Впервые включенные в 2009 г. в Госреестр по 7-му региону сорта не вошли в списки ценных, или сильных сортов.

Селекционная работа по озимой пшенице в Татарском НИИСХ ведется по пути создания сортов, адаптированных к климатическим условиям среды, устойчивых к наиболее распространенным грибным болезням и формирующих стабильно высокое качество зерна.

В 1992 г. в реестр по Средне-Волжскому региону был включен первый сорт озимой пшеницы Казанская 84 селекции Татарского НИИСХ, созданный методом химического мутагенеза. Отборы элитных растений проводились на провокационных фонах с использованием посевных дамб, на которых искусственно создавались крайне неблагоприятные в период зимовки условия вегетации растений. Сорт отличался нетребовательностью к предшественникам, высокой морозостойкостью, мощным весенним отрастанием. По качеству зерна сорт признан мягкозерным. В 1994 г. в реестр был включен следующий сорт, Мешинская 2, имеющий высокую зимостойкость и улучшенное качество зерна. Наибольшей потенциальной урожайностью (8 т/га) в условиях республики обладает сорт Казанская 285, включенный в Госреестр сортов, разрешенных к использованию по Средневолжскому и Волго-Вятскому регионам с 1999 г. Наиболее успешно размножается в Татарстане, Мордовской и Удмуртской Республиках.

В условиях экономического и экологического кризиса сельского хозяйства перед селекцией поставлены такие задачи, как снижение затрат невосполнимой энергии на каждую дополнительную единицу урожая, уменьшение зависимости агроэкосистем от применения удобрений. Создание и возделывание агрохимически эффективных сортов помогут снять часть экономических и, что особенно важно, экологических проблем.

Установлено, что различные сорта растений обладают генетически детерминированной способностью неодинаково поглощать и использовать элементы питания из удобрений. Изучение новых сортов и выявление их генетически обусловленной специфики азотного питания позволило выделить агрохимически эффективные (энергетически рациональные) сорта с более стабильной продуктивностью и разработать агротехнику с учетом особенностей азотного питания конкретного сорта.

Сорт Казанская 285 создан в Татарском НИИСХ методом индивидуально-семейственного отбора из гибрида, полученного от скрещивания сорта Hadmerslebener 15080 (Германия) при свободном ветроопылении. Разновидность эритроспермум.

Сорт среднеспелый, вегетационный период 314–330 дней. Зимостойкость и засухоустойчивость высокие. Потенциальная урожайность 7,0–7,5 т/га. Сорт устойчив к полеганию. Включен в списки пшениц, ценных по качеству зерна. Масса 1000 зерен 35 г, натура – 800 г/л, выравненность 89,6%, стекловидность 92% по общепринятой технологии и 96% по интенсивной. Обладает высокой устойчивостью к пыльной и твердой головне, среднеустойчив к бурой ржавчине, устойчив к септориозу.

По результатам работ, проведенных под руководством РАСХН, Государственного научного центра РФ Всероссийского НИИ растениеводства им. Н.И. Вавилова, в Московском отделении ВИР по подбору доноров адаптивности среди сортов и коллекционных образцов озимой пшеницы для ресурсосберегающих технологий и получения экологически безвредной продукции сорт Казанская 285 был признан:

1) носителем ценной генетико-физиологической системы отзывчивости на

лимитирующий фактор минерального питания (азот); 2) донором адаптивности; 3) носителем ценной генетической системы аттракции и микрораспределения пластики в колосе.

Дальнейшая селекционная работа проводилась нами по пути создания сортов, сочетающих устойчивость к биотическим и абиотическим стрессам с улучшенными технологическими качествами зерна, в соответствии с требованиями перерабатывающей промышленности.

Наибольшие площади в республике сегодня занимает сорт Казанская 560, включенный в 2002 г. в Государственный реестр сортов, допущенных к использованию по Средневолжскому и Волго-Вятскому регионам России. Размножается в Кировской, Ульяновской и Свердловской областях, Чувашской республике. Сорт прошел также успешные производственные испытания в Тюменской обл.

Данный сорт получен отбором по спектру глиадина из сорта Мешинская (Мироновская юбилейная 50 × Черноморская**).** Разновидность эритроспермум. Сорт среднеспелый. Отличается повышенным уровнем морозо-зимостойкости. Обладает высокой устойчивостью к засухе в период налива зерна**.**

По данным Московского отделения ВИР [1] сорт Казанская 560 является:

1) носителем ценной генетико-физиологической системы отзывчивости на лимитирующий фактор минерального питания (азот). Оплата урожаем зерна 1 кг д. в. азотного удобрения составила 9–11 кг; 2) донором полигенной системы адаптивности; 3) донором агрохимически эффективных сортов.

Этот агрохимически эффективный сорт использует минимальное содержание питательных веществ в почве для формирования высокого урожая. Масса 1000 зерен 41–45 г, содержание сырой клейковины – 32,4%, содержание сырого протеина в зерне – 14,2%, общая хлебопекарная оценка – 4,5 (на уровне сильной пшеницы Мироновская 808). Включен в списки сортов, ценных по качеству зерна. Сорт слабовосприимчив к мучнистой росе, в средней степени поражается бурой ржавчиной.

За последнее десятилетие в Республике Татарстан площади под озимой пшеницей значительно увеличились (с 76,1 тыс. га в 1999 до 394,6 тыс. га под у рожай 2009 г.), что повышает требования к возделываемым сортам. Современные сорта озимой пшеницы должны сочетать целый комплекс хозяйственно ценных признаков и свойств, прежде всего высокую урожайность и отличное качество зерна. Создание новых сортов в значительной мере зависит от исходного материала как первого и очень важного этапа селекционного процесса. Решающее значение при этом имеет подбор пар для скрещивания. Практика подтверждает необходимость целенаправленного поиска родительских форм среди мирового разнообразия растений [2].

Методика

В нашей работе проводилось изучение генофонда озимой пшеницы в различные по погодным условиям годы с целью выделения источников ценных признаков для использования в селекционном процессе. Исследования проводились в 2005–2007 гг. в лаборатории селекции озимой пшеницы. В коллекционном питомнике было изучено 373 образца различного эколого-географического происхождения. Оценку образцов проводили согласно методическим указаниям изучения коллекции [3]. Стандартный сорт Казанская 84 высевали через 10 образцов. Площадь делянок 1 м^2, повторность двукратная.

Метеоусловия в 2004–2005 гг. складывались достаточно благоприятно для вегетации озимой пшеницы. Мягкая зима, быстрый сход снега весной и наличие осадков способствовали хорошей выживаемости растений и весеннему кущению. В июне создались благоприятные условия для развития грибных листовых болезней: мучнистой росы, септориоза и бурой ржавчины. Повышенная температура воздуха в мае привела к сокращению периода кущение – трубкование. Июнь и июль месяц отличались низкими по сравнению с нормой температурами воздуха. В 2005–2006 гг. осенняя вегетация озимой пшеницы протекала в условиях острой почвенной засухи. Температурный режим второй декады января отличался резким снижением температур воздуха до -34…-36^{0}С.

Продолжительность морозного периода с очень низкими отрицательными температурами составляла 10 дней. Период начала весенней вегетации озимой пшеницы проходил при высоких температурах и недостатке влаги в пахотном и метровом слое. Это привело к замедленному отрастанию корневой системы и слабому укоренению растений. В летний период 100 % распространенность получила мучнистая роса, отмечено меньшее поражение бурой ржавчиной по сравнению с 2005 г. Вегетация озимой пшеницы в 2006–2007 гг. осложнялась нестабильными метеоусловиями зимовки (оттепели и усиленное дыхание снижали запас сахаров в узлах кущения), обильные осадки второй декады апреля привели к переуплотнению почвы, созданию благоприятных условий для развития в загущенных посевах листостебельных инфекций. Ливневые осадки июля вызвали полегание посева и частичное ухудшение качества зерна.

Обсуждение результатов

Проблема экологической устойчивости растений к одному из важнейших климатических факторов – низким температурам – является основополагающей в адаптивной селекции и растениеводстве. В результате проведенного изучения коллекции ВИР нами были выделены сорта России, Украины, Польши, Дании, Молдавии, характеризующиеся высоким уровнем зимостойкости: Ресурс, Санта, Бирюза, Малахит, Льговская 167, Казанская 84, Казанская 560, Panna, Liana, Smuglyanka, Kolumbiya, Weneda, Kobra, Trifolium, Днестрянка.

Скороспелостью отличались сорта России, Украины, США, Польши, вегетационный период которых составлял 319–321 день. Более длительный вегетационный период имели сорта Германии (до 340 дней), что удлиняло сроки уборки и снижало качество зерна.

Бурая ржавчина и мучнистая роса – наиболее широко распространенные и вредоносные грибные болезни пшеницы. Пораженность листьев патогенами влияет на интенсивность фотосинтетических процессов и характер оттока пластических веществ в репродуктивные органы [4, 5]. Устойчивость сортообразцов к мучнистой росе и бурой ржавчине определялась нами по 9 балльной шкале согласно методике ГНЦ ВИР. 62% изученных нами сортов коллекции ВИР (табл. 1) имели высокую устойчивость (7 баллов), 29% – среднюю (5 баллов), только 1,4% отличались очень высокой устойчивостью к мучнистой росе.

Очень высокой (9 баллов) устойчивостью к бурой листовой ржавчине обладали 46% изученных сортов коллекционного питомника, высокой (7 баллов) – 52%, средней (5 баллов) – 1,4%. Особую ценность в селекции представляют сорта, с комплексной устойчивостью к этим болезням. В этой связи в нашей коллекции можно выделить сортообразцы из Канады (Kestrel, AC Winsloe), Великобритании (Maris Huntsman, Maris Templar), Германии (Orestis).

Таблица 1. Сорта озимой пшеницы, высокоустойчивые к грибным листовым болезням в 2005–2007 гг.

Страна	Сорт
Мучнистая роса	
Канада	AC Ron, AC Winsloe, CDC Kestrel, CDC Osprey
Германия	Orestis, Hai, Amlras, Andros
Великобритания	Maris Huntsman, Maris Templar, Armada
Бурая ржавчина	
Канада	Casey, AC Ron, AC Winsloe, Harrier, Kestrel
США	Karl, John, Centura, Becker, Batum, Fltan, Nelson
Германия	Lars, Orestis, Amlras, Euris
Украина	Leleka, Panna, Bor 1, Bor 2, Liona, Kolumbiya, Василина, Зерница
Англия	Fortress, Maris Huntsman, Maris Templar, Rendezvous
Польша	Tonacia, Sukces, Weneda
Россия	Мера, Бирюза, Малахит, Харитоновка, Агра, Заря, Эхо, Зимородок

Изучение элементов продуктивности растений сортов коллекции ВИР позволило выделить источники по основным хозяйственно ценным признакам для использования в

селекции (табл. 2).

Таблица 2. Источники хозяйственно ценных признаков из коллекционного питомника 2005–2007 гг.

Хозяйственно ценный признак	Выделившиеся по этому признаку сорта	Варьирование признака
Длина главного колоса	Степная, Безенчукская 616, Leleka, Lars, Заря, Деметра, Льговская 167, Casey, Panna, Hai, Дея, Миростан, Amlars, Галина	8,0 – 10,5 см
Число колосков с главного колоса	Малахит, Leleka, Casey, Hai, Галина, Kobra, Lars, WW 24033, Piko, Siouxlabd, Weneda, WW 24032, SOL 2, Олимпия,Офелия, Миростан	20,1 – 23,3 шт.
Число зерен с главного колоса	WW 23258, Олимпия, Малахит, Panna, AC Ron, SOL 2, Tukan inia, Forlress, Siouxlabd, Pika, Forby, Olcha, Alidos, Bovitus, Kobra, Миростан, WW 24032	44,2 – 53,3 шт.
Масса зерна с главного колоса	Деметра, Kharus, Зимородок, WW 24032, Zhuravka, Alidos, Светоч, Panna, Миростан, Kobra, Малахит	1,61 – 2,14 г

Для анализа продуктивности и качества все сорта коллекционного питомника были нами распределены по классам в зависимости от высоты растений. Как известно, высота растения – генетически детерминированный признак и под влиянием внешних условий может изменяться. Высота растений довольно тесно коррелирует с устойчивостью к полеганию и оказывает существенное влияние на урожай. Анализ высоты растений сортов коллекционного питомника показал, что сорта Болгарии, Чили, Дании, Молдавии, Франции входят в класс карликов. Полукарлики занимают большее место в коллекционном питомнике. Это сорта из США, Великобритании, Украины, Канады, Швеции, Польши, Германии, Венгрии. Сорта селекционных центров России разнообразны по высоте и относятся к классам карликов, полукарликов и низкостебельных.

Проведенный расчет коэффициентов корреляции между перезимовкой, высотой растений и элементами продуктивности показал, что уровень зимостойкости тесно связан с высотой растений, особенно у карликовых сортов озимой пшеницы (r = 60).

Средняя значимая корреляционная зависимость получена между массой 1000 зерен и перезимовкой. С увеличением высоты растений уменьшается корреляционная зависимость между уровнем перезимовки и массой 1000 зерен: от r = 0,56 у карликов до r = 0,19 у низкорослых сортов озимой пшеницы. Сорта с высоким уровенем устойчивости к неблагоприятным условиям зимовки сформировали более крупное зерно, а растения незимостойких сортов были ослаблены в 2007 г. развитием фузариоза и снежной плесени, что особенно замечалось у карликовых пшениц.

Ценность пшеницы определяется прежде всего технологическим и хлебопекарным качеством зерна. Каждый из признаков качества выполняет определенную функцию в характеристике зерна и сорта. Важным направлением современной селекции является создание крупнозерных сортов с высоким содержанием белка. Большая масса 1000 зерен свидетельствует о высоком соотношении эндосперма к остальным компонентам зерна, о большом запасе питательных веществ, лучших технологических свойствах (большой выход муки) [6].

Сорта коллекции отличались по массе 1000 зерен (г): до 30 – 30 сортов (19,5% от общего количества), от 30 до 40 – 87 сортов (56,5%), от 40 до 50 – 37 сортов (24%). Нами были выделены источники крупнозерности из сортов России – Ресурс (57,4 г), Безенчукская 616 (50,2 г), Светоч (48,2 г), Малахит (50,4 г); США – TAM 107 (45,0 г), имеющих высокий уровень устойчивости к зимнему стрессу. Высокой натурой (свыше 780 г/л) отличались сорта Kharus, Pereyaslavka, Безенчукская 616, Казанская 560, Малахит, Харитоновка, Заря, Степная 7, Мироновская 808, Centura, Agassir. Из 111 изученных сортов – 44 имеют от 14 до 16% белка в зерне. Выделены источники высокого (свыше 16%) содержания белка в зерне: сорта

России – Безостая 1, Донская интенсивная, Дон 85, Дея, Руфа; Германии – Ortler, Bovitus, Piko; Украины – Василина; Дании – *Trifolium*.

Многолетнее изучение коллекции ВИРа позволило выделить источники скороспелости, морозостойкости, устойчивости к ряду грибных заболеваний, включенные в процесс гибридизации. Использование в скрещиваниях местных высокозимостойких форм озимой пшеницы с устойчивыми к грибным болезням и высокопродуктивными сортами позволило создать ценные гибридные потомства.

На основании результатов исследований создан новый сорт озимой пшеницы Надежда (авторы Э. Ф. Ионов, И. Д. Фадеева, Г. Н. Валиуллина, Э. Ф. Давлетшина), который с 2008 г. проходит Государственное испытание. Хозяйственно ценные признаки сорта представлены в табл. 3.

Таблица 3. Характеристика сорта озимой мягкой пшеницы Надежда

Показатель	Надежда	Казанская 285 стандарт
Вегетационный период, дни	320–325	325–330
Высота растения, см	95–105	85–100
Урожайность, т/га	5,8	4,2
Масса 1000 зерен, г	45,0	40,0
Натура, г/л	800	790
Количество клейковины	28,0	25,0
Группа клейковины	I	I–II
Энергия деформации теста, W, е. а.	330	280
Разжижение теста по фаринографу, е. ф.	40	60
Валориметрическая оценка, е. в.	72	65

Разновидность лютесценс. Отличительной особенностью сорта является его относительная раннеспелость. Он созревает на 3–5 дней раньше стандартного сорта Казанская 285 и наиболее распространенного в республике Татарстан сорта Казанская 560. Высота растений составляет 95–105 см. Устойчивость к полеганию на уровне 7–9 баллов. Обладает мощным синхронным кущением и выровненным стеблестоем. Отличается устойчивостью к снежной плесени и фузариозу, что позволяет сохранить густоту продуктивного стеблестоя. Сорт Надежда выделился в конкурсном сортоиспытании стабильной урожайностью зерна 5,8 т/га по сравнению с 4,2 т/га стандартного сорта Казанская 285. Надежда формирует крупное зерно с содержанием клейковины свыше 28% I группы качества. По технологическим качествам зерна и реологическим свойствам теста может быть отнесён к группе сильных пшениц.

Литература

1. *Оценка* сортов зерновых культур по адаптивности и другим полигенным системам: Коллектив авторов. СПб.: ГНЦ РФ ВНИИР (ВИР), 2002. 79 с.
2. *Нетгевич Э. Д.* Проблема исходного материала на современном этапе селекции зерновых культур // Вестн. с.-х. науки. 1982. № 6. С. 20–24.
3. *Пополнение*, сохранение в живом виде и изучение мировой коллекции пшеницы, эгилопса и тритикале (Методические указания). СПб: ВИР, 1999. 82 с.
4. *Коновалов Ю. Б.* Селекция растений на устойчивость к болезням и вредителям. М.: Колос, 1999. 135 с.
5. *Михайлова Л. А., Гультяева Е. И., Мироненко Н. В.* Иммуно-генетические методы создания устойчивых к вредным организмам сортов. СПб. – Пушкин: ВИЗР, 2000. С. 9–10.
6. *Казарцева А. Т., Шеуджен А. Х. Нещадим Н. Н.* Эколого-генетические и агрохимические основы повышения качества зерна. Майкоп: ГУРИПП «Адыгея», 2004. 160 с.

РОЛЬ МИРОВЫХ ГЕНРЕСУРСОВ ПШЕНИЦЫ В СОЗДАНИИ АДАПТИВНЫХ СОРТОВ ДЛЯ ОСТРОЗАСУШЛИВЫХ УСЛОВИЙ КАЗАХСТАНА

В. И. Цыганков[1], И. Г. Цыганков[1], Т. С. Шанинов[1], Ж. Т. Калыбекова[2]
[1]Актюбинская сельскохозяйственная опытная станция МСХ РК, Актобе, Казахстан, e-mail: zigan60@pochta.ru
[2]Актюбинский Государственный университет им. К. Жубанова МОН РК, Актобе, Казахстан

Резюме

Западный Казахстан характеризуется жёсткими гидротермическими условиями вегетации. Почвы отличаются низким содержанием гумуса и солонцеватостью. Поэтому актуальной задачей для региона является создание новых адаптивных сортов яровой пшеницы. Важное значение имеет при этом эффективное использование мировых генетических ресурсов этой культуры. Новые сорта пшеницы актюбинской селекции являются экологически устойчивыми и конкурентоспособными в зерновом производстве региона.

IMPORTANCE OF WHEAT GENETIC RESOURCES FOR BREEDING OF HIGH ADAPTIVE VARIETIES FOR DRY CONDITIONS OF KAZAKHSTAN

V. I. Tsygankov[1], I. G.Tsygankov[1], T. S. Schaninov[1], Zh. T. Kalybekova[2]
[1]Aktyubinsk Agricultural Experimental Station, Aktobe, Kazakhstan; e-mail: zigan60@pochta.ru
[2]Aktyubinsk State University mem. K.Zhubanov, Aktobe, Kazakhstan

Abstract

Western Kazakhstan characterize by very severe hydrothermal conditions of vegetation period. The soil characterize by low humus content and high salinity. Therefore developing of new adaptive varieties of spring wheat is very important for the region. The great impact has effective performance of wheat genetic resources. The new wheat varieties have been developed in Aktyubinsk Agricultural Experimental Station varieties are highly adaptive to local conditions and competitive in grain production of the region.

По данным экспертов ФАО, около 75% мирового генетического разнообразия сельскохозяйственных культур утрачено в течение XX столетия. Так, в США 97% сортов, зарегистрированных в старых Госреестрах, уже утеряны, в Германии – утрачено 90% исторического разнообразия культурных растений, в Италии – 70% староместных сортов исчезло навсегда. За последние 50 лет генетически унифицированные современные сорта заменили тысячи староместных, адаптированных к условиям среды возделывания [2, 15, 16].

Использование в Республике Казахстан методов интенсивного сельского хозяйства и введение в производство высокоурожайных сортов с ограниченной генетической базой, также привело к потере уникального генетического материала местной селекции. Почти полностью исчезли староместные сорта народной селекции, которые представляют исключительный интерес как генетические источники высокой устойчивости к болезням, вредителям, холоду, засухе [6, 8, 10]. По данным МСХ РК научные учреждения РК имеют в своем распоряжении более 50 тысяч образцов коллекций растительной зародышевой плазмы. Однако недостаток средств приводит к тому, что существующие коллекции хранятся с большой степенью риска в неконтролируемых условиях температуры и влажности, что приводит к быстрой потери всхожести семян.

Республиканской научно-технической программой «Создание, развитие и использование генофонда сельскохозяйственных растений, животных и микроорганизмов», начатой в 2001 году, были определены направления исследований: сбор, обмен материалом, изучение, документирование и организация хранения гермоплазмы, выделяемой в качестве источников и доноров хозяйственно-ценных признаков. В селекционных НИУ Казахстана развёрнута большая работа по инвентаризации, систематизации и оценке имеющихся растительных ресурсов сельскохозяйственных и других культур [1, 6, 10-12, 14].

Западный Казахстан представляет собой сплошную зону рискованного земледелия. Основным источником накопления почвенной влаги в регионе являются осадки осенне-

зимнего периода. В период цветения и налива основных зерновых культур температура воздуха поднимается до 38-42^{0}С (в июле 1984 г. метеопостом Актюбинской СХОС была зарегистрирована температура 47-49^{0}С), на поверхности почвы – до 55-60^{0}С. На пространстве запада Республики при большом количестве лёгких почв в весенний период возникает ветровая эрозия.

В таких условиях возникает необходимость иметь в крупных хозяйствах несколько сортов яровой мягкой и твёрдой пшеницы, которые могли бы подстраховывать друг друга в различных по гидротермическим условиям годах.

В годы подъёма целинных земель на западе Казахстана было освоено более 3,5 млн. гектаров пашни, на которых, в основном, размещались посевы яровой мягкой и твёрдой пшеницы. Мягкая пшеница в регионе была представлена саратовскими и краснокутскими сортами: Саррубра, Альбидум 43, Эритроспермум 841; твёрдая: Гордеиформе 189, Мелянопус 69. В последующие годы в зерновое производство Западного Казахстана внедряются новые саратовские сорта мягкой пшеницы Саратовская 29, Саратовская 42, Саратовская 55, Альбидум 28; твёрдой – Мелянопус 26 [7, 13].

В 50-60-е годы прошлого века в Казахстане был создан ряд научных учреждений, на которые были возложены задачи создания отечественных сортов зерновых культур, в т.ч. – яровой мягкой и твёрдой пшеницы, адаптированных к почвенно-климатическим условиям крупнейших целинных регионов Республики.

На западе Республики таким НИУ является Актюбинская сельскохозяйственная опытная станция. Отдел селекции и первичного семеноводства Актюбинской СХОС начал НИР по селекции яровой пшеницы с изучения исходного материала, регулярно получаемого из Всесоюзного (ныне – Всероссийского) НИИ растениеводства им. Н. И. Вавилова. За годы работы Актюбинской СХОС изучено более 2500 образцов яровой мягкой и твёрдой пшеницы из многих стран всех континентов земного шара. Материалы этих исследований послужили основой для разработки признаковых моделей сортов яровой пшеницы западноказахстанских экотипов.

В последние годы активизирована работа по формированию информационной базы данных по культуре пшеницы и тритикале на новом исходном материале. Усилился взаимовыгодный обмен с профильными НИУ Казахстана, России, других стран СНГ и дальнего зарубежья. Так, за 2001-2008 гг. передано в другие НИУ 3349 номеров яровой мягкой и 1745 яровой твёрдой пшеницы (табл. 1).

Таблица 1. Объёмы исследований и движение генетических ресурсов пшеницы и тритикале в Актюбинской СХОС (2006-2008 гг.)

Культура	Статистические показатели						Место и условия хранения образцов
	Инвентаризиров. обр.	Пополнение коллекц. обр.	Изучено образцов шт.	Выделено источн. ценных признаков шт.	Передача сел. мат. в др. НИУ с 2001 г. (в т.ч. за 3 послед. года), обр.	Документирование обр. (БД - база данных)	
Пшеница мягкая яровая *(Triticum aestivum* L.*)*	341	158	388	108	3349 (1464)	220	лаборатория, +20^{0}С
Пшеница твёрдая яровая *(Triticum durum Desf.)*	150	33	155	45	1745 (688)	120	лаборатория, +20^{0}С
Другие виды пшеницы	54	43	58	15	-	54	холодильник, +1^{0}С
Яровой тритикале *Triticosecale Wittm.*,	11	10	21	6	-	11	холодильник, +1^{0}С

Актуальность исследований по генофонду в Западном Казахстане, проводимых в Актюбинской СХОС, заключается в повышении конкурентоспособности создаваемых сортов на базе нового исходного материала. Особую роль при этом приобретает разнообразие генетических ресурсов по приоритетным культурам. В Западном Казахстане это яровая мягкая, яровая твёрдая пшеница. От их генетического разнообразия и самодостаточности для удовлетворения запросов селекции зависит устойчивое развитие аграрного сектора региона, сохранение экологического равновесия в окружающей среде.

Среди изученных коллекционных образцов выделены формы различных эколого-географических групп, наиболее приспособленных и отвечающих признакам разработанных идеатипов. К таким образцам нами отнесены формы следующих эколого-географических групп: степная волжская, степная южная, степная восточная, среднеазиатская богарная, лесостепная западносибирская, среди иностранных (дальнее зарубежье) – образцы индийской, североамериканской гибридной, андийской, австралийской гибридной, аргентинской гибридной групп.

Основными методами селекции яровой пшеницы в Актюбинской СХОС являются: внутри- и межвидовая гибридизация, индуцированный химический мутагенез (ИХФ РАН), экологическая и челночная селекция (Казахстан-Таджикистан; Казахстан-США-Канада-Мексика), индивидуальный отбор [9, 13].

Все методы дают положительный эффект при правильном их использовании и при наличии хорошо изученного исходного материала. В засушливых условиях Западного Казахстана нами используется метод ступенчатой гибридизации, предложенный саратовскими селекционерами [3-5]. В Актюбинской СХОС создано около 30 сортов яровой мягкой и твёрдой пшеницы, переданных в разные годы в Госсортоиспытание по регионам СССР и РК, в родословных которых использован широкий спектр родительских форм из различных стран и регионов мира (табл. 2).

В селекционной практике Западного Казахстана в последние годы широко используется ряд морфофизиологических тестов, позволяющих с высокой долей объективности оценить исследуемый материал на жарозасухоустойчивость и общую адаптивность к условиям региона. К примеру, у ряда образцов яровой мягкой пшеницы (Актюбинская СХОС, Институт БиБР МОН РК) и диких родичей этой культуры в фазу колошения были определены некоторые фотосинтетические показатели. Так, площадь предфлагового листа у большинства исследуемых образцов оказалась больше, чем флагового. Более развитой фотосинтетической поверхностью двух верхних ярусов листьев (15-26 $см^2$) отличаются образцы из ИБиБР Лютесценс 115, Лютесценс 298, Лютесценс 321 (с характерным интенсивно опушённым свёрнутым листом) – табл. 3. Из образцов местной селекции по этому показателю выделяется сорт Актюбе 14. Из сортимента полукультурных и диких видов пшеницы наиболее крупными верхними листьями отличаются К-15022 *T. polonicum, v. chrysospermum,* Казахстан; К-61809 *T.dicoccoides, v. fuivovillosum, Israel*; К-41928 *T. dicoccum, v. nouicium, Germany;* минимальное значение этого показателя – у образца К-40118 *T. boeoticum, v. rufinigrum, Irak.*

Приемлемым методом диагностики степени жаростойкости различных генотипов яровой пшеницы в условиях Западного Казахстана является экспресс-метод с использованием прибора «Тургоромер-1», предложенный к применению молдавскими учёными (Кушниренко и др., 1990). Методика его использования на яровой пшенице в условиях сухостепной зоны Казахстана разработана и апробирована селекционерами Актюбинской СХОС [11-13]. С его помощью о жаростойкости того или иного генотипа судят по толщине листовой пластинки до, и после воздействия стрессового фактора (полуденной жары). Измерения тургоромером проводили в фазу колошения в средней части 5-6 флаговых листьев в 10-12-кратной повторности. Толщину листа (в мкм) определяли в утренние часы в период наибольшего тургора (T_1) и во 2-й половине дня в наиболее жаркое время (T_2), при наступлении плазмолиза клеток листа. При этом, чем больше разница $T_1 - T_2$, тем меньшей жаростойкостью обладает конкретный генотип, т.к. у него ниже водоудерживающая способность листьев.

Таблица 2. Краткая генеалогическая характеристика сортов яровой пшеницы селекции Актюбинской СХОС (1977-2008 г.г.)

Сорт	Год передачи сорта в ГСИ	Встречаемость родительских форм в родословных сортов яровой мягкой пшеницы АСХОС происхождением из:															Использование супермутагенов (ИХФ АН СССР; РАН)
		Казахстана		России						других стран							
		Актюбин. СХОС	др. НИУ РК	Саратов	Самара	Оренбург	Краснодар	Омск	Москва	Канада	Австралия	Украина	Мексика	Индия	Германия	Италия	
1	**2**	**3**	**4**	**5**	**6**	**7**	**8**	**9**	**10**	**11**	**12**	**13**	**14**	**15**	**16**	**17**	**18**
Мягкая пшеница																	
Каз. 4, *graecum*	1977		(+)								(+)						
Эритр. 74 *erythr.*	1979		+	(+)			+										
Лютесц. 76, *lut.*	1985			(+)							(+)						
Лютесц. 77, *lut.*	1987		(+)	+							+						
Лютесц. 86, *lut.*	1989			(+)							(+)						НММ-0,05%
Актюбе 91, *lut.*	1991	+		+(+)													
Актюбе 2, *lut.*	1998	(+)(+)															
Актюбе 92, *lut.*	1998			(+)	(+)												
Актюб. 130, *lut.*	1999		(+)			(+)											
Актюбе 10, *lut.*	2000			+	+		+	+									
Альб. 97, *albid.*	2000			++(+)							+						НММ-0,006%

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
Актюбе 14, *eryt.*	2001	+	+	+													НДММ-0,015%
Актюбинка, *lut.*	2002	+	+	(+)													
Актюбе 39, *alb.*	2003	(+)				+	+										
Степная 1, *lut.*	2003	(+)					+	+									
Степная 2, *lut.*	2005	(+)		+	+		+	+									
Ст. юбил., *lut.*	2005	(+)	++														
Степная 15, *lut.*	2006		(+)					(+)									
Степная 50, *alb.*	2007	++		(+)													
Степная 60, *lut.*	2007	(+)											++				
Степная 62, *lut.*	2008	++	(+)														
Актюбин., *lut.*	-		+				+							(+)			
Лют. 112, *lut.*	-			+(+)					+						+		
Актюбе 3, *lut.*	-	+		++									+				
Актюбе 6, *lut.*	-		+	(+)													НЭМ-0,07%
Актюбе 7, *lut.*	-	(+)										(+)					
Актюбе 9, *lut.*	-	(+)	(+)														НДММ-0,012% + Д-0,01%
Актюбе 13, *lut.*	-			++	+							+					
Актюбе 16, *lut.*	-	Д	+	(+)													НЭМ-0,01%

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
Актюбе 17, *lut.*	-	+								+						(+)	
Актюбе 18, *lut.*	-	(+)		+											+		НЭМ-0,012%
Актюбе 19, *lut.*	-		(+)	+			++	+									
Актюбе 42, *lut.*	-	(+)(+)															НММ-0,07%
Актюб. 94, *lut.*	-	Д	(+)														ДМС-0,06%
Твёрдая пшеница																	
Сорт	Передача в ГСИ	Актюбин. СХОС	др. НИУ РК	Саратов	Башкирия	Оренбург	Краснояр.	Омск	Воронеж	Канада	Австралия	Украина	Чили	⋮	⋮	⋮	Использование супермутагенов (ИХФ АН СССР; РАН
Каргала 3, *hord.+leucomel.*	1999	+				(+)	+										
Каргала 9, *hord.*	2001						(+)		(+)								
Наурыз 6, *leuc.*	2002					(+)						(+)					
Карг. 34, *leuc.*	2004	(+)						(+)									
Карг. 69, *leuc.*	2008	+(+)	+			+											НДММ-0,07%
Актюб. 74, *mel.*	-			(+)								+	+				
Актюб. 75, *mel.*	-			(+)								+	+				
Акт. 78, *hord.*	-			(+)								(+)					
Карг. 5, *hord.*	-	+			(+)							+					НДММ-0,07%
Карг. 10, *hord.*	-				(+)	+		+									
Карг. 12, *hord.*	-					(+)		+		+							

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
Карг. 29, *hord.*	-			+							(+)	+					
Карг. 303, *hord.*	-	(+)		+								+					НЭМ-0,012%;
Карг. 447, *hord.*	-		+(+)			+											НДММ-0,07%
Карг. 70, *hord.*	-	(+)					+					+					

Примечание:(+) формы, использованные в заключительном цикле скрещивания; + формы, использованные при ступенчатой гибридизации; Д – наличие в родословной диких или отдалённых форм пшеницы

Таблица 3. Морфофизиологические характеристики сортов (образцов) яровой пшеницы различного эколого-географического происхождения (коллекционный питомник Актюбинской с.-х. опытной станции)

Сорт, линия; происхождение	Площадь ($см^2$):			Толщ. флаг. листа по тургоромеру, мм			Коэфф. стабильности признака, $K = T_2/T_1$
	флагового листа	пред-флагового листа	2-х верхних листьев	T_1 (утренние часы – тургор max)	T_2 (полуден-ные часы – тургор min)	T_1-T_2	
1	**2**	**3**	**4**	**5**	**6**	**7**	**8**
Яровая мягкая пшеница							
Отан – ИБиБР, Юго-Вост. Казахстан	5,0	5,1	10,1	0,164	0,084	0,078	0,512
Казахстан. раннеспелая – КИЗ, Юго-Вост. Казахстан	6,6	8,5	15,1	0,162	0,096	0,066	0,592
Лютесценс 114 – ИБиБР, Юго-Вост. Казахстан *(Толстая соломина)*	7,3	8,1	15,4	0,173	0,107	0,066	0,618
Лют. 4102 – ИБиБР, Юго-Вост. Казахстан *(Жёсткое опушение листьев)*	6,3	6,4	12,7	0,166	0,108	0,058	0,651
Лютесценс 115 – ИБиБР, Юго-Вост. Казахстан	9,2	10,9	20,1	0,172	0,115	0,057	0,669
Лютесценс 2302 – ИБиБР, Юго-Вост. Казахстан *(Толстая соломина)*	5,5	7,0	12,5	0,168	0,114	0,054	0,679
Лют. 321 – ИБиБР, Юго-Вост. Казахстан *(Интенсивно опушённый свёрнутый лист)*	7,1	8,5	15,6	0,176	0,120	0,056	0,682
Лютесценс 298 – ИбиБР, Юго-Вост. Казахстан	7,3	19,6	26,9	0,158	0,110	0,048	0,696
Лютесценс 301 – ИБиБР, Юго-Вост. Казахстан *(Удлинённое зерно)*	6,8	8,1	14,9	0,185	0,132	0,053	0,714
Карабалыкская 98 - Карабалык. СХОС, Север. Каз.	3,9	4,7	8,6	0,170	0,104	0,066	0,612

Омская 30 – СибНИИСХ, Западная Сибирь, Россия	5,3	6,1	11,4	0,143	0,091	0,052	0,636
Актюбе 14 - Актюб. СХОС, Запад. Казахстан	8,8	9,4	18,2	0,157	0,116	0,041	0,739
Степная 2 - Актюб. СХОС, Запад. Казахстан	6,3	7,1	13,4	0,171	0,131	0,040	0,765
Степная 50 - Актюб. СХОС, Запад. Казахстан	7,7	9,8	17,5	0,185	0,149	0,036	0,805
Виды пшеницы *(Triticum* L.*)*							
к-40118 *T. boeoticum, v. rufinigrum, Irak*	1,2	1,8	3,0	0,191	0,102	0,089	0,534
к-15022 *T. polonicum, v. chrysospermum*, Казахстан	7,8	9,3	17,1	0,144	0,085	0,059	0,590
к-61809 *T.dicoccoides, v. fuivovillosum, Israel*	7,8	11,9	19,7	0,208	0,129	0,079	0,620
к-19007 *T. aethiopicum, v. browni, Ephiopia*	6,7	7,4	14,1	0,152	0,098	0,054	0,645
к-41928 *T. dicoccum, v. nouicium, Germany*	10,4	12,0	22,4	0,181	0,120	0,061	0,662
к-23633 *T. dicoccum, v. aeruginossum*, Армения	7,4	8,5	15,9	0,213	0,151	0,062	0,709

Как оказалось, более стабильной толщиной листовой пластинки отличаются сорта местной селекции (Актюбинской СХОС) – Степная 2, Степная 50, Актюбе 14, у которых показатель T_1-T_2 не превышает 0,036-0,041 мм. У этих же сортов оказался наиболее высоким и коэффициент стабильности признака, рассчитанный как: $K = T_2/T_1$ (0,739-0,805). Из инорайонных сортов высокими значениями этого показателя отличаются Лютесценс 298 и Лютесценс 301.

За годы исследований часть коллекционного материала мягкой пшеницы была оценена на регенеративную способность (отрастание вегетативной массы и восстановление элементов продуктивности растений после их подкашивания). В наших опытах подкашивание растений проводили в фазу выхода в трубку. После ручной уборки растений пшеницы с двух фонов (контроль и после подкашивания) проводили их структурный анализ и определяли уровень продуктивности. Степень регенеративной способности (РС, в % от данных контрольного посева) по продуктивности и элементам её структуры косвенно характеризует мощность развития корневой системы конкретного генотипа.

Так, высокой РС по зерновой продуктивности и вегетативной массе отличаются сорта Актюбинской СХОС – Актюбе 39 (47,4%), Степная 2 (52,2%), Степная 50 (56,6 %), Степная юбилейная (63,3%), а также Карагандинская 93 (46,3%, Центральный Казахстан). Низкой способностью к отрастанию и восстановлению итоговой продуктивности, отличаются сорта инорайонной селекции, особенно происхождением из регионов с достаточным увлажнением в период вегетации: Саратовская 42, 68 из Поволжья (26-29%,) Целинная 3с из Северного Казахстана (24,9%), Соната из Западной Сибири (22,0%), Энита из Подмосковья (15,1%).

В Актюбинской СХОС ежегодно в гибридных популяциях мягкой и твёрдой пшеницы селекционерами просматриваются и отбираются более 40 тысяч элитных колосьев. В дальнейший селекционный процесс включаются линии, имеющие цилиндричскую или приближающуюся к ней форму, которая служит надёжным гарантом повышения урожайности яровой пшеницы. В выборку при отборах включаются только колосья с главного побега, которые, по нашим наблюдениям, формируют до 80-85% урожая в засушливых условиях.

Сорта Актюбинской с.-х. опытной станции, созданные с участием генетического разнообразия мировой коллекции ВИР, характеризуются различной продуктивностью колоса и урожайностью зерна с единицы площади за счёт сочетания разных элементов структуры урожая: озернённости колоса, числа зёрен в колосе, массы зерна с колоса, массы 1000 зёрен, выравненности зерна и натуры зерна.

В последние годы допущены к использованию в регионах Казахстана новые конкурентоспособные сорта яровой пшеницы актюбинской селекции, во многом отвечающие современным требованиям производства и экологическим условиям сухостепной зоны. Среди мягкой пшеницы это сорта Актюбе 39 (с 2008 г.) и Степная 2 (с 2010 г.); среди твёрдой пшеницы – Каргала 9 (с 2005 г.), Наурыз 6 (совместно с КазНИИЗиР – с 2006 г.). Характерными особенностями этих и проходящих Госиспытания новых сортов западно-казахстанских экотипов (Степная 50, Степная 60, Степная 62, Каргала 69) являются: наличие мощных, хорошо развитых первичной и вторичной корневых систем; невысокий, устойчивый к полеганию стебель; умеренно развитая надземная масса с высокой эффективностью фотосинтетической деятельности; высокий темп развития с эффективным оттоком пластических веществ в зерно; выравненный по высоте стеблестой; отзывчивость на высокий агрофон; устойчивость к основным болезням и вредителям. В жёсткую засуху новые сорта АСХОС способны формировать урожай 8-10 ц/га (прибавка относительно стандарта составляет 1,5-2,0 ц/га), в благоприятные годы – 20-25 ц/га (прибавка – до 5 ц/га). На фоне различных погодных условий сорта мягкой пшеницы имеют высокие и стабильные хлебопекарные качества, сорта твёрдой – высокие качества пастопродуктов (макароны, спагетти).

Литература

1. *Абугалиева А.И.* Качество зерна яровой мягкой пшеницы в Казахстане // Вестник региональной

сети по внедрению сортов пшеницы и семеноводству. Алматы, 2004. № 1-2 (7-8). С. 37-41.
2. *Алексанян С.М.* Стратегия взаимодействия генбанков мира в условиях глобализации // Труды по прикл. бот., ген., и сел. 2007. Т. 164. С. 11-33.
3. *Ильина Л.Г.* Селекция яровой мягкой пшеницы на Юго-Востоке. Саратов: изд-во Саратовского университета. 1989. 160 с.
4. *Кузьменко А.И.* Саратовские сорта яровой мягкой пшеницы (практическая селекция). Саратов: изд-во Саратовского университетата. 2005. 300 с.
5. *Мамонтова В.Н.* Селекция и семеноводство яровой пшеницы. М.: Колос. 1980. 288 с.
6. *Стрит К., Алимгазинова Б.Ш., Сариев Б.С. и др.* Документирование генетических ресурсов растений Казахстана // Дост. аграрной науки в обл. землед., сел. и растениеводства: Мат. межд. конф. Алматы. 2004. С. 69-70.
7. *Удольская Н.Л.* Селекция яровой пшеницы. Алма-Ата: Казгиз. 1961. 196 с.
8. *Уразалиев Р.А., Абсаттарова А.С., Мартынов С.П., Добротворская Т.В.* Генеалогический анализ современных сортов яровой мягкой пшеницы, районированных в Казахстане // Дост. аграрной науки в обл. землед., сел. и растениеводства: Мат. межд. конф. Алматы. 2004. С. 61-63.
9. *Цыганков В.И.* Индуцированный мутагенез в селекции яровой мягкой пшеницы на продуктивность и адаптивность к условиям западного Казахстана // Достижения науки и техники АПК. 2001. № 6. С. 19-22.
10. *Цыганков В.И., Цыганков И.Г.* Состояние и перспективы формирования генофонда яровой пшеницы в Западном Казахстане // Селекция и семеноводство. 2001. № 4. С. 2-7.
11. *Цыганков В.И., Цыганков И.Г., Шанинов Т.С., Цыганкова Н.В., Исабаев С.Я.* Использование мировых генетических ресурсов рода *Triticum L.* при создании новых сортов сухостепного экотипа // Мат. межд. конф. Уральск. 2004. С. 145-154.
12. *Цыганков В.И., Шанинов Т.С., Цыганков И.Г., Цыганкова М.Ю., Калыбекова Ж.Т.* Каталог генетических ресурсов яровой пшеницы Актюбинской СХОС (Характеристика образцов и сортов яровой пшеницы по хозяйственно-ценным признакам и свойствам в условиях Западного Казахстана) // Под ред. В.И. Цыганкова. Актобе: «ИПЦ Көкжиек». 2009. 58 с.
13. *Цыганков И.Г., Цыганков В.И.* Селекция сортов яровой пшеницы, адаптированных к условиям Западного Казахстана // Сб. науч. тр. «Селекция яровой пшеницы для засушливых районов России и Казахстана». Барнаул. 2001. С. 139-160.
14. *Цыганкова М.Ю., Исабаев С.Я., Айпеисова С.А., Цыганков В.И., Цыганков И.Г., Алимгазинова Б.Ш., Дрямова М.Д.* Актуальные проблемы сохранения и рационального использования генетических растительных ресурсов в соответствии с решениями международных конвенций и соглашений // Направл. и дост. аграрной науки в обеспечении уст. пр-ва конкурентоспособной прод ./ Под ред. В.И. Цыганкова. Актобе: ТОО «ИПЦ Кокжиек». 2008. С. 306-315.
15. *Fowler C.* Global Efforts to Save Crop Diversity // SES. Edition. 2005. P. 30-31.
16. *World Resource Institute.* UNEP // Conservation International. 2006. 10 p.

СОЗДАНИЕ ЭКОЛОГИЧЕСКИ УСТОЙЧИВЫХ СОРТОВ ПРОСА ДЛЯ СУХОСТЕПНОЙ ЗОНЫ КАЗАХСТАНА НА ОСНОВЕ ГЕНЕТИЧЕСКОГО ПОТЕНЦИАЛА МИРОВОЙ КОЛЛЕКЦИИ ВИР

М. Ю. Цыганкова, И. Г. Цыганков, В. И. Цыганков
Актюбинская сельскохозяйственная опытная станция МСХ РК, Актобе, Казахстан, e-mail: zigan60@pochta.ru

Резюме

Актуальность исследований обусловлена необходимостью диверсификации зернового производства регионов Казахстана с ориентацией перехода на новые сорта проса отечественной селекции. Формирование и эффективное использование мирового генетического потенциала культуры проса позволяет создавать новые конкурентоспособные, экологически устойчивые сорта. Их преимущества заключаются в стабильной урожайности, высоком качестве зерна и пшена, удовлетворении требованиям при изготовлении национальных продуктов питания с диетическими свойствами.

DEVELOPING OF HIGH ADAPTIVE MILLET VARIETIES FOR DRY REGIONS OF KAZAKHSTAN ON THE BASE OF VIR GENETIC RESOURCES PERFORMANCE

M. Yu. Tsygankova, I. G. Tsygankov, V. I. Tsygankov
Aktyubinsk Agricultural Experimental Station, Aktobe, Kazakhstan, e-mail: zigan60@pochta.ru

Abstract

Actuality of millet researches is caused by necessity of diversification of grain production in Kazakhstan towards conversion to new local breeding millet varieties. Creation and effective performance of world millet genetic resources allow developing the new competitive and highly adaptive to local conditions varieties. The advantages of new varieties are high yield, drought resistance, good end-used quality of grain and millet, satisfaction to national food cooking requirements due to high dietary properties.

Просо посевное – типичный ксерофит, и для условий сухостепных зон Евразийского континента оно является одной из наиболее приспособленных культур, что и определяет ареал его распространения.

Считается, что просо продвинулось из Азии в Европу вместе с кочевыми народами. Оно может высеваться очень поздно, в разные периоды, не связывая кочевника во времени. Для посева на единицу площади требуется очень мало семян, просо весьма транспортабельно, универсально в использовании, обладает высокой засухоустойчивостью, поэтому оно служило непременным атрибутом кочевого хозяйства полупустынных районов Азии [3, 8].

Н. И. Вавилов на основании изучения состава проса в отдельных областях европейской и азиатской частей СССР, а также в Хорезме, Бухаре, Персии, Афганистане, Монголии, Китае установил, что разнообразие форм резко увеличивается к востоку, к Азии. В результате дифференцированного ботанико-географического изучения культурных растений Н. И. Вавилов открыл центр первичного формообразования и происхождения проса обыкновенного – Юго-Восточную Азию, включая горные районы Китая, Японию, Непал и сопредельные с ними страны. В этих странах им было обнаружено максимальное разнообразие форм, установлен весь разновидностный и расовый состав линнеевского вида *Panicum miliaceum* L. с большим числом эндемичных, неизвестных в Европе сортообразцов: с легкой осыпаемостью зерна (сорнополевые формы), различной продолжительностью вегетации, сильноразвесистой метелкой, тонкоплёнчатых, с тонкими, легко обрушивающимися цветочными плёнками, соответствующими голозерным овсам и ячменям [6, 8, 12].

Анализ Госреестра селекционных достижений РФ и бывшего СССР указал на сохранение следующей тенденции распространения морфотипов проса: по мере продвижения на север в посевах возрастает доля развесистого проса, имеющего рыхлую метелку; по мере приближения к югу чаще встречается пониклый (сжатый), а на крайнем юге распространение получает комовое просо с самой плотной метелкой. Причины такого распределения неясны [12]. Однако В. А. Ильин [1] предполагает, что это связано с участием колосковых плёнок в наливе зерна, так как в северных районах интенсивность солнечного сияния меньше, поэтому для лучшей ассимиляции колосковыми чешуями наиболее выгодны рыхлые метелки, которые также обеспечивают лучшее испарение и ускоряют налив зерна.

Актуальность селекционных исследований по культуре проса в Казахстане обусловлена необходимостью диверсификации зернового производства регионов с ориентацией перехода на новые сорта проса отечественной селекции. В настоящее время в сельскохозяйственном производстве и системе Государственного сортоиспытания имеется весьма ограниченный сортимент этой культуры. При этом многие инорайонные сорта недостаточно устойчивы к местным агроэкологическим условиям возделывания, к болезням, вредителям, склонны к полеганию и осыпанию зерна, у них недостаточно развита корневая система [9, 10].

Особую роль в этой связи приобретает процесс формирования и эффективного использования генетического потенциала культуры проса. В Актюбинской СХОС это достигается благодаря творческим связям с профильными НИУ Казахстана, ведущими

центрами России (Всероссийский НИИР им. Н. И. Вавилова, Всероссийский НИИЗБиКК, НИИСХ Юго-Востока, Оренбургский НИИСХ, Алтайский НИИСХ и др.), а также странами ближнего и дальнего зарубежья и организованного обмена с ними коллекционным и селекционным материалом [7, 11]. Так, в составе рабочей коллекции АСХОС (сформирована в 2009 г.) доля образцов российского происхождения составляет 52,8%; из Казахстана – 16,1%; из Украины – 11,1% (табл. 1). При этом 9,3% образцов (15 шт.) – неизвестного происхождения. В составе коллекции 1 сорго-суданковый гибрид, 3 пайзы, 11 могара (из поступления ВНИИЗБиКК 2009 г.).

Селекционная работа с просом на Актюбинской СХОС ориентирована на формирование и создание исходного и гибридного материала, сортов разных биотипов с высокой жаро- и засухоустойчивостью. Селекция проса предполагает создавать среднеранние и среднеспелые сорта для условий сухой степи. Увеличение продуктивности только за счет большей продолжительности вегетации имеет свои отрицательные стороны. В годы с повышенной влагообеспеченностью и низкой температурой созревание таких сортов значительно задерживается, их уборка проходит при неблагоприятной погоде.

В этой связи наиболее актуальна проблема создания среднеспелых генотипов проса посевного с уровнем потенциальной продуктивности не ниже, чем у среднепоздних сортов. Новые сорта проса не должны быть идентичными как по продолжительности вегетационного периода, так и по использованию влаги и питательных веществ. При правильном подборе сортов проявляется возможность полнее реализовать биопотенциал культуры для сухостепной зоны Республики Казахстан.

Климат Западного Казахстана характеризуется как резко континентальный. Поэтому условия вегетации по сумме гидротермических факторов часто значительно отличаются от их среднемноголетних значений. Так, за последние три года количество осадков в период с сентября по август составляло (мм): в 2006 г. – 219,3, в том числе за вегетационный период – 64–66; в 2007 г. соответственно, 428,8 и 75,7; в 2008 г. – 300,7 и 59–62 (табл. 2).

В ответственные периоды жизнедеятельности (выход в трубку, формирование и налив зерна) растения подвергались неблагоприятным воздействиям высокой температуры воздуха. В период от всходов до выметывания метелки среднесуточные температуры составляли 24–27^{0}С, что вызывало ускорение развития растений. Максимальная температура воздуха в полуденные часы достигала 35–40^{0}С на протяжении почти всего периода от кущения до колошения. На поверхности почвы температура поднималась до +60^{0}С. Величина гидротермического коэффициента за первую половину вегетации составила от 0,22–0,32 мм/град. в 2006 г. до 0,36–0,56 мм/град. в 2008 г. (табл. 3).

Таблица 1. Состав коллекционного питомника проса по географическому происхождению (Актюбинская СХОС, 2009 г.)

Происхождение (страна, регион)	Количество образцов, шт.	Доля образцов от общего объема питомника, %
Россия, всего *в том числе по регионам:*	**85**	52,8
Нечернозёмная зона	27	16,8
Поволжье	23	14,3
Западная Сибирь	10	6,2
Центрально-черноземные области	8	4,9
Южный Урал	4	2,5
Татарстан	3	1,9
Алтайский край	3	1,9
Северный Кавказ	3	1,9
Приморье	2	1,2
Северо-Западный регион РФ	1	0,6
Восточная Сибирь	1	0,6
Казахстан	**26**	16,1

Происхождение (страна, регион)	Количество образцов, шт.	Доля образцов от общего объема питомника, %
Украина	**18**	11,1
Беларусь	**3**	1,9
Венгрия	**3**	1,9
Узбекистан	**3**	1,9
Польша	**2**	1,3
Туркменистан	**2**	1,3
Германия	**1**	0,6
Грузия	**1**	0,6
Ирак	**1**	0,6
Кыргызстан	**1**	0,6
Образцов неизвестного происхождения	**15**	9,3
Всего образцов проса	**161**	**100,0**
В состав коллекции также входят:		
сорго-суданковый гибрид	1	–
пайза	3	–
могар	11	–

Таблица 2. Гидротермические условия межфазных периодов проса в 2006–2008 гг. (АСХОС)

Год	Показатель	Периоды				Всего за вегетационый период
		посев – всходы	всходы – кущение	кущение-выметы – вание	выметы-вание – созревание	
2006	Осадки, мм	15,5	0–9	15–28	14–34	64–66
	Температура, ^{0}C	20,0–20,6	24,5–26,4	24,4–26,7	21,8–22,3	23,4–23,8
2007	Осадки, мм	14	2–7	18–55	0–41	75,7
	Температура, ^{0}C	15,8	20,7–21,5	22,1–23,2	20, –-22,7	21,8–22,7
2008	Осадки, мм	5–10	2–7,5	44–47	0,3–2,8	59–62
	Температура, ^{0}C	18,7–19,1	16,6–18,9	23,1–24,0	23,3–24,1	22,5–23,0

Таблица 3. Величина гидротермического коэффициента (ГТК, мм/град.) по межфазным периодам развития проса (Актюбинская СХОС, 2006–2008 гг.)

Годы	Периоды			
	всходы-кущение	Кущение – выметывание	в целом за 1-ю пол. вегетации	выметывание – созревание
2006	0,0–0,38	0,30–0,31	0,22–0,32	0,13–0,35
2007	0,10–0,28	0,31–0,51	0,28–0,46	0,0–0,46
2008	0,08–0,41	0,43–0,60	0,36–0,56	0,0–0,03

В 2007–2008 гг. отдельные формы проса в период выметывание – созревание вообще не получили осадков (величина ГТК изменялась от 0,0 до 0,46 мм/град.). Продолжительность вегетационного периода по сортименту проса за годы наблюдений составила от 69–72 до 90–94 сут.

Оценка коллекционных образцов проса в Актюбинской СХОС проводится по признакам, имеющим значение при использовании в качестве исходного материала для создания новых сортов: высокому генетическому потенциалу продуктивности; оптимальному для Западного Казахстана вегетационному периоду; устойчивости к стрессам; комплексному иммунитету [2]; высокого качества продукции как при формировании экспортных партий, так и

отвечающее требованиям при изготовлении национальных диетических продуктов питания (тары, талкан, жент); длительности хранения семян; подбора родоначальных форм на основе анализа их филогении; формирования и уточнения признаков модели сорта по заданным параметрам [8]: габитуса растения, глубины формирования узла кущения, кустистости, по элементам продуктивности [4]; применения диагностики на засухо- и жароустойчивость [5, 7]; косвенной оценкиа мощности развития корневой системы по степени регенерации вегетативной массы и элементам продуктивности; устойчивости к полеганию и осыпанию. Для организации краткосрочного хранения в АСХОС использованы методы возможного стандарта: обезвоживание (5–7% влажности) и поддержание жизнеспособности (+1…+3°С в условиях холодильной камеры) [11].

Лучшими по продуктивности за годы испытаний оказались следующие сорта и образцы: Крупноскорое, Орловская обл.; к-8393 Раменское 132; Б-128, СибНИИРиС, Новосибирская обл.; к-2987, Куйбышевская обл.; Саратовское 7; Золотистое, Саратовская обл.; к-9705 Кинельское скороспелое; Саратовское 6, Саратовская обл.; кК-9842, Лин. С 12/82, Саратовская обл.; к-9652 Мироновское 94; К-9989 Барнаульское 80, Алтайский край; Шортандинское 23; Воронежское 905; Безенчукское 10; Оренбургское 42; Уральское 109; Волгоградское 4; Харьковское 57; Донское; Мироновское 51; Харьковское 65 и др. Устойчивость к полеганию подавляющего большинства линий была оценена в 4–5 баллов, фенотипическая оценка – в 3,0–4,0 балла (с колебаниями от 2,5 до 4,5 баллов). В целом, повышенной адаптивностью к условиям Западного Казахстана отличается сортимент проса степного и сухостепного экотипов происхождением из Казахстана, а также Южного Урала, Алтайского края, Поволжья, ЦЧО России.

В последние годы часть сортимента проса из коллекционного и других питомников проходит оценку на регенеративную способность (отрастание вегетативной массы и восстановление элементов продуктивности растений после подкашивания в определенные фазы развития). В наших опытах подкашивание растений проводили в фазу выхода в трубку. После ручной уборки растений проса с двух фонов (контроль и после подкашивания) осуществляли их структурный анализ и определяли уровень продуктивности. Оказалось, что ряд сортообразцов проса отличается высокой регенеративной способностью (РС) при формировании зерновой продуктивности и зеленой массы, а также по отдельным элементам структуры урожая (высота растений, длина верхнего междоузлия, кустистость, параметры метёлки, крупность зерна). Высокой РС по ряду показателей отличаются сорта и образцы: к-9756 Саратовское 6, к-9661 Харьковское 71, к-10122 Воронежское 905, кК-9817 Иран, к-9736 Кормовое 29, Новосибирская обл., к-1987 Узбекистан, к-9438 Оренбургское 42, Актюбинское кормовое (АСХОС). По высоте растений РС у большинства образцов составляет 50–60%; по длине метелки – 70–90%; по массе 1000 зерен 90–105% (у сорта Актюбинское кормовое – 118%). Общая и продуктивная кустистость растений проса после подкашивания нередко в 1,5–2,5 раза превышает аналогичные показатели с контрольного фона.

По нашим наблюдениям за ряд последних лет некоторые из этих образцов проса вполне могут быть использованы не только для получения зерна, но и в качестве зеленого корма (зеленого конвейера). Одной из таких форм является сорт Актюбинское кормовое, полученный ранее путем двукратного индивидуального отбора из образца к-9505 Афганистан. Сорт изучался в старших селекционных питомниках, он прошел производственную проверку в АСХОС и с 2009 г. передан в Госсортоиспытание по РК.

Наблюдения за фотосинтетической поверхностью образцов проса различного происхождения показали, что число листьев на главном побеге варьировало от 6,3 (Орловский карлик, Белгородское 2) до 8,5–9,0 (Уилское белое местное, Крестьянка, к-9505 из Афганистан, к-9645 Абаканское кормовое, Хакассия, к-2334 Казахстан, к-2901, Актюбинская обл.) при среднем по сортименту 7,72 ± 0,13.

Площадь предфлагового листа у всех образцов больше флагового (от 9–10 до 30–35%). При средней площади листовой поверхности главного побега 191,5±7,5 $см^2$ размах изменчивости по сортименту составляет от 135–146 $см^2$ (Безенчукское 10, Омское 10,

Кочатавское 66, Белгородское 2, Воронежское 905, Орловский карлик) до 240–282 см^2 (Шортандинское 23, Уилское белое, Крестьянка, Воронежское 996; к-2334, Казахстан).

Доля двух верхних листьев от общей площади главного побега составляет от 17-20% (к-9645 Абаканское кормовое; к-9505 – Афганистана – кормовые формы; к-5789, Уральская обл.) до 38–49% (Крестьянка, Белгородское 2, Татарское красное, Орловский карлик).

Для объективной оценки исходного материала в Актюбинской СХОС применяется экспресс-метод определения степени жаростойкости генотипов проса (прибор тургоромер). Впервые к использованию в физиологических исследованиях он был предложен учеными Молдовы (Кушниренко с сотр., 1990). Методические основы использования данного метода на жаростойкость и засухоустойчивость были разработаны и апробированы селекционерами Актюбинской СХОС вначале на сортименте яровой пшеницы и ячменя, а затем – проса посевного [7].

С помощью этого экспресс-метода о жаростойкости того или иного генотипа судят по толщине листовой пластинки до и после воздействия стрессового фактора (полуденной жары). Толщину листа (в мкм) определяли в утренние часы в период наибольшего тургора *(T_1)* и во второй половине дня в наиболее жаркое время *(T_2)*, при наступлении плазмолиза клеток листа.

Результаты наблюдений показали, что у наиболее приспособленных к местным условиям форм проса разность показаний $T_1 - T_2$ не превышает 0,030–0,050 мм (или 30–50 мкм); у форм со средней устойчивостью – 0,050–0,063 мм (50–63 мкм); с ниже средней и низкой устойчивостью – 0,065–0,080 мм (65–80 мкм) (табл. 4).

Количественно степень жаростойкости можно оценить с помощью коэффициента стабильности: $K = T_2/T_1$ (при $K<1$). Так, у адаптированных к местным экологическим условиям сортов величина коэффициента стабильности *(K)* колеблется от 0,69 до 0,77. У сортов с низкой устойчивостью K не превышает 0,45–0,55.

На основании многолетних наблюдений и учетов нами разработаны основные требования к новым сортам, которые характеризуют новизну и оригинальность селекции культуры проса в аридных условиях Республики Казахстан. Они включают:

1. Сорта должны быть разнообразными по морфо-, био-, хозяйственным признакам. Различия по продолжительности периода всходы – выметывание между биотипами должны составлять 4–6 сут., по созреванию – 8–10 сут.

2. Зерно должно отличаться крупностью, масса 1000 зерен – 8,5–9,5 г; растения должны иметь широкий и крупный лист в период всходов. Сорта первого биотипа должны отличаться быстрым ростом и развитием в первую половину вегетации, что обеспечивает высокую озерненность метелки. У сортов второго биотипа удлиняется период формирования метелки. Отбираются формы с нормальным наливом зерна в нижней части метелки, как признак высокой засухоустойчивости.

Таблица 4. Ранжирование сортов и линий проса по степени жаростойкости с помощью тургоромера (Актюбинская СХОС)

Сорт, образец	Толщина флаг. листа по тургоромеру, мм		Разность $T_1 - T_2$	Коэффициент стабиль-ности признака T_2 / T_1	Степень жаростойкости сортолиний
	T_1 (утренние часы – тургор max)	T_2 (полудены е часы – тург. min)			
Старт (станд.)	0,175	0,121	0,054	0,691	Выше средней
Крестьянка	0,133	0,102	0,031	0,767	Высокая
Барнаульское 80	0,154	0,112	0,042	0,727	Высокая
Памяти Берсиева	0,183	0,133	0,050	0,727	Высокая
Яркое 3	0,170	0,118	0,052	0,694	Выше средней
Шортандинское 23	0,159	0,109	0,40	0,686	Выше средней

Горлинка	0,142	0,097	0,045	0,683	Выше средней
Харьковское 71	0,158	0,107	0,051	0,677	Выше средней
Омское 10	0,166	0,104	0,062	0,626	Средняя
Воронежское 905	0,133	0,082	0,051	0,617	Средняя
к- 5789 Урал. обл.	0,152	0,091	0,061	0,600	Средняя
Татарское красное	0,152	0,089	0,063	0,586	Средняя
к-1987 Узбекистан	0,144	0,079	0,065	0,549	Ниже средней
Орловский карлик	0,141	0,074	0,067	0,525	Ниже средней
Белгородское 2	0,156	0,077	0,079	0,497	Низкая
к-9848 Могар. мут.	0,151	0,072	0,079	0,477	Низкая
Статистические показатели					
Среднее. арифметическое и ошибка среднего **M ± m**	0,155± ±0,002	0,099± ±0,003	-	0,639± ±0,016	-
Средее квадратическое отклонение **σ**	0,0121	0,0149	-	0,080	-
Коэффициент вариации **C_v, %**	7,8	15,02	-	12,51	-
Точность опыта **P, %**	1,53	2,95	-	2,45	-

3. Отбираются формы в основном краснозёрные характеризующиеся высокой засухоустойчивостью. Куст прямостоячий, корни должны обладать быстрым ростом в глубину.

4. Высота растений в пределах 70–85 см, растения устойчивые к полеганию.

5. Сорта должны быть высокоурожайными, отзывчивыми на условия и технологию возделывания, при этом метелка должна быть высокоозернённой (500–700 шт.) с крупным зерном.

6. Сорту надо отличаться устойчивостью к поражению головней и содержать минимальное количество меланозных зерен.

7. Требуется высокое качество пшена: оно должно быть ярко-желтым, стекловидным, обладать высокими органолептическими свойствами, быть пригодным к технологии приготовления тары, талкана, содержать повышенное количество милиацина, витаминов группы В и токоферолов.

Новые сорта проса, созданные в последние годы в Актюбинской СХОС, по своим характеристикам являются приближением к разработанным модельным требованиям для условий сухостепной зоны. Ниже приводится их краткая характеристика.

Памяти Берсиева. Сорт выведен на Актюбинской СХОС методом индивидуального отбора из гибридной популяции: образец ВИР к-9500 (Харьковская обл.) × Старт. Ботаническая разновидность: подвид Contractum (сжатое), разновидность sanguineum (тёмно-красное). Сорт засухоустойчивый, вегетационный период на 1–2 сут. короче, чем у стандарта. Имеет хорошо развитую вторичную корневую систему. В благоприятные годы превосходит стандарт по урожаю зерна на 2–4 ц/га, в засушливые – на 1,5–2,0 ц/га. Высота растений 75–90 см, длина метелки 18–24 см. Натура зерна 720–740 г/л. Поражения головнёй в естественных условиях не обнаружено.

Рекомендуется для Западного, Центрального, Северного, Северо-Восточного Казахстана. С 2005 г. передан в Госсортоиспытание по РК. С 2008 г. допущен к использованию по Западному и Северо-Восточному Казахстану.

Яркое 3. Сорт создан на Актюбинской СХОС методом индивидуального отбора из образца ВИР к-9605 (Воронежская обл.). Ботаническая разновидность: подвид Contractum (сжатое), разновидность sanguineum (темно-красное). Сорт засухоустойчивый, вегетационный период на 5–7 сут. длиннее, чем у стандарта. Сорт обладает мощной вторичной корневой системой, прочным стеблем, не полегает.

В благоприятные по увлажнению годы превосходит стандарт по урожаю зерна на 4–6 ц/га, в засушливые – на 2,0–2,5 ц/га. Высота растений 95–105 см, длина метёлки – 23–28 см,

озернённость метёлки 450–550 зерен. Выход пшена 77–79%, крупа ярко-желтого цвета, натура зерна 735–760 г/л. В естественных условиях поражения головней не отмечено.

Передан в ГСИ по РК в 2005 г. В 2007 г. прошел производственное испытание на ГСУ Актюбинской и Западно-Казахстанской областей. С 2008 г. допущен к использованию по Актюбинской обл.; признан перспективным для ЗКО.

Яркое 5. Сорт выведен на Актюбинской СХОС методом индивидуального отбора из гибридной популяции: Яркое 2 (Памяти Берсиева) × к-8740, Венгрия. Ботаническая разновидность: подвид Contractum (сжатое), разновидность *sanguineum* (темно-красное) – метелка сжатая укороченная, без антоциана.

Растения высотой 70–95 см. Листья среднего размера. Ветви метёлки короткие. Стебель прочный, кустистость средняя. Метёлка сжатая укороченная, длиной 17–20 см, многоцветковая, хорошо озерненная. Сорт устойчив к полеганию. Зерно выравненное, ярко-красное, крупное. Масса 1000 зерен 7,5–8,0 г. Осыпаемость зерна ниже средних показателей; пленчатость – 15–16%. Натура зерна 770–790 г/л, выход крупы – 80–83%. Сорт созревает за 72–80 сут. Цвет каши ярко-жёлтый. За годы наблюдений (2005–2008) в естественных условиях не обнаружено поражения пыльной головней и меланозом. Обрушиваемость зерна при комбайновой уборке умеренная.

Урожайность сорта в Актюбинской СХОС за годы испытаний в КСИ и производственном СИ составила 11,6–24,0 ц/га при урожае стандарта 9,5–19,8 ц/га. По итогам 2008 года сорт проса Яркое 5 передан в Госсортоиспытание по РК. Сорт предназначен для основных прососеющих регионов Республики Казахстан.

Актюбинское кормовое. Сорт выведен в Актюбинской СХОС двукратным индивидуальным отбором из образца коллекции ВИР к-9505 (Афганистан). Ботаническая разновидность *flavum,* метелка развесистая, без окраски антоцианом, зерно кремовое.

Куст сомкнутый. Стебель в средние по гидротермическим условиям годы высотой 95–105 см, в благоприятные – до 130–140 см. Стебли нежные, кустистость – 3–5 стеблей на одно растение. Листья линейно-ланцетные, длинно-заостренные, длиной 30–45 см, шириной 20–25 мм, нежные. Метелка длиной 25–35 см, поникла. Веточки нежные, длинные, свисающие.

Семена шаровидные, светлокремовые. Масса 1000 семян 4,5–5,5 г. Сорт среднепоздний, предназначен для использования на зеленую массу. Период от полных всходов до уборки на зеленую массу составляет 46–50 сут., до хозяйственной спелости семян – 96–110 сут.

Сорт устойчив к осыпанию. Обладает высокими кормовыми достоинствами. Поедается всеми видами сельскохозяйственных животных. Может использоваться на сено, сенаж, а также в зелёном конвейере. Урожайность зеленой массы за годы испытания составила 160–180 ц/га, в благоприятные годы – до 230 ц/га. Урожай сухой массы колеблется от 45 до 60 ц/га. Урожай зерна – 5–8 ц/га при норме высева 12–13 кг/га.

По итогам 2008 г. просо Актюбинское кормовое передано в Госсортоиспытание. Сорт рекомендуется для условий Западного, Центрального, Северного Казахстана.

Литература

1. *Ильин В. А.* Селекция проса в Поволжье: Дис. на соиск. учен. степ. д-ра с.-х. наук. Саратов, 1984. 345 с.
2. *Ильин В. А., Тихонов Н. П., Золотухин Е. Н., Унгенфухт И. П.* Методические рекомендации по селекции проса на устойчивость к головне. М., 1989. 45 с.
3. *Мартынов П. Г.* Некоторые данные к познанию культуры проса в казахском хозяйстве (из работ Уральской ОС) // Уральск: Гостипография им. Луначарского. 1930. 14 с.
4. *Методика* государственного сортоиспытания с.-х. культур // Под ред. С. О. Скокбаева. Алматы, 2002. 378 с.
5. *Некоторые* приемы и методы физиологического изучения сортов зерновых культур в полевых условиях / Под ред. В. А. Кумакова. Саратов: РАСХН, НИИСХ Ю.-В., 2000. 54 с.
6. *Сидоренко В. С., Вилюнов С. Д.* История селекции проса в России // Сб. трудов «Развитие научных идей академика П.И. Лисицына». М., 2003. С. 126–141.
7. *Цыганков В. И., Цыганков И. Г., Цыганкова М Ю.* Коллекция проса как исходный материал для селекции адаптивных сортов в Западном Казахстане // Вестн. с.-х. науки Казахстана. 2008. № 1. С.

11–13.
8. *Цыганков И. Г., Цыганков В. И.* Просо в Западном Казахстане. Актобе: ТОО «ИПЦ-Көкжиек», 2006. 132 с.
9. *Цыганков И. Г., Цыганков В. И., Цыганкова М. Ю.* Селекция и семеноводство проса в Западном Казахстане // Сб. материалов Республиканской научн.-практ. конф. / Под ред. В. И. Цыганкова. Актобе: ТОО «ИПЦ-Көкжиек». 2006. С. 125–134.
10. *Цыганков И. Г., Цыганков В. И., Шанинов Т. С., Цыганкова М. Ю.* Селекция и семеноводство приоритетных зерновых культур в Западном Казахстане // Сб. науч. трудов, посв. 50-летию АСХОС / Под ред. В. И. Цыганкова. Актобе: ТОО «ИПЦ Кокжиек», 2008. С. 246–255.
11. *Цыганкова М. Ю., Исабаев С. Я. и др.* Актуальные проблемы сохранения и рационального использования генетических растительных ресурсов в соответствии с решениями международных конвенций и соглашений // Сб. науч. трудов, посв. 50-летию АСХОС / Под ред. В. И. Цыганкова. Актобе: ТОО «ИПЦ Кокжиек», 2008. С. 306–315.
12. *Яшовский И. В.* Селекция и семеноводство проса. М.: Агропромиздат, 1987. 256 с.

ИТОГИ ИЗУЧЕНИЯ АДАПТИВНЫХ КАЧЕСТВ СОРТОВ ВИШНИ И ЧЕРЕШНИ В СЕВЕРНЫХ УСЛОВИЯХ ВЫРАЩИВАНИЯ

А. А. Юшев, С. Ю. Орлова
Государственный научный центр РФ Всероссийский научно-исследовательский институт растениеводства им. Н. И. Вавилова РАСХН, Санкт-Петербург, Россия, e-mail: s.orlova@vir.nw.ru a.yushev@vir.nw.ru

Резюме

В статье приведены результаты многолетнего изучения морозостойкости и устойчивости к коккомикозу (Coccomyces hiemalis Higg.) генофонда сортов вишни и черешни в условиях Северо-Западного региона РФ. В результате изучения выделены для практического и селекционного использования адаптированные к северным условиям возделывания сорта, характеризующиеся лучшим сочетанием зимостойкости и устойчивости к болезни.

THE RESULTS OF STUDYING ADAPTIVE QUALITIES IN SOUR CHERRY AND SWEET CHERRY CULTIVARS GROWN UNDER NORTHERN CONDITIONS

A. A. Yushev, S. Yu. Orlova
State Scientific Centre N. I. Vavilov All-Russian Research Institute of Plant Industry of RAAS, St. Petersburg, Russia, e-mail: s.orlova@vir.nw.ru; a.yushev@vir.nw.ru

Abstract

The paper presents the results of long-term studies of resistance to frosts and *Coccomyces hiemalis* Higg. in diverse sour cherry and cherry cultivars under conditions of the Russian Northwest. As the result of the study, cultivars adapted to the northern conditions and characterized by the best combination of winter hardiness and disease resistance have been identified and recommended for cultivation or use in breeding programs.

Два важнейших лимитирующих фактора – устойчивость к низким отрицательным температурам в условиях недостаточной теплообеспеченности и толерантность к грибным болезням определяют сортимент и распространение вишни и черешни в северных условиях выращивания. Проверенный многими годами наблюдений их генетический сортовой потенциал свидетельствует о реальных возможностях культуры вишни и черешни в садах населения Ленинградской и смежных с ней областях Северо-Западного региона. Прежде всего, косвенным доказательством этого служат литературные сведения, подтверждающие существование в старые времена косточковых садов в Петербургской губернии и многих

очагах возделывания Псковской, Новгородской и других областях. Первое обоснованное районирование «К стандартизации сортов плодовых деревьев и ягодных культур» было предпринято профессором В. В. Пашкевичем в 1931 г. Оно включало 4 сорта, где им отводилось 3-е место после яблони и ягодников. В 1926 г. на экспериментальной базе ВИР «Красный Пахарь» под С.-Петербургом впервые начались посадки вишни, которые положили началу формирования генофонда вишни на Северо-Западе. Было высажено 12 сортов, а к 1929 г. коллекция насчитывала уже 38 образцов. В послевоенном 1945 г. был сделан ремонт посадок. В дальнейшем были активизированы работы по сбору образцов из Северо-Запада, Поволжья, Центрально-Черноземной зоны, Урала, бывших прибалтийских республик. К 1974 г. насчитывалось 105 сортообразцов. В 2009 г. генофонд насчитывает 172 сортообразца вишни обыкновенной и степной, 44 – черешни, 13 – вишни войлочной, 11 – различных гибридов и подвоев. По мере привлечения новых образцов углублялась сфера исследований, однако на всех этапах приоритетными направлениями были изучение зимостойкости, устойчивости к коккомикозу, как самому вредоносному заболеванию вишни, исследования по самоплодности, химическому составу и товарным качествам плодов (крупноплодность, механический состав и др.). Исследования генофонда во временном отношении можно разбить на три периода: до 1980 г., 1980-2000 и после 2000 г., который продолжается по настоящее время. В каждом периоде изучали новый сортимент по мере его привлечения.

В течение первого периода изучения имели место три критических зимы с высоким минимумом отрицательных температур: 1955/56, 1965/66 и 1968/69 гг. Данные таблицы 1 свидетельствуют о высокой морозостойкости сортов, происходящих от вишни кустарниковой (*Cerasus fruticosa* Pall.) – Урожайная, Уралочка, Полжир, Снежинка и др. Сорта вишне-черешневого происхождения (Ширпотреб Черная, Бастард Черешни), как и следовало ожидать, оказались малозимостойкими, а, относящиеся к вишне обыкновенной (*C.vulgaris* Mill.), заняли промежуточное положение.

Таблица 1. Подмерзания генеративных почек и древесины вишни в зимы с низкими критическими температурами, балл (Павловская ОС ВИР)

Сорта	Зимы наблюдений						В среднем	
	1955-1956		1965-1966		1968-1969			
	Генеративные почки	Древесина	Генеративные почки	Древесина	Генеративные почки	Древесина	Генеративные почки	Древесина
Снежинка	-	-	1	0	1	0	0,6	0
Урожайная	0	0	0	0	0	1	0	0,1
Полжир	1	1	1	0	1	0	0,4	0,1
Уралочка	1	1	0	0	1	0	0,2	0,3
Тамбовчанка	-	-	3	1	1	1	0,7	0,3
Коростынская	5	2	5	0	1	1	1,0	0,3
Звездочка	-	-	5	1	1	0	1,7	0,4
Шубинка (К)	5	2	1	0	2	2	1,2	1,5
Любская	-	-	1	3	1	1	0,9	0,6
Крупноплодная Горшкова	-	-	5	2	1	1	1,2	0,6
Жуковская	-	-	4	2	1	0	1,7	0,6
Красная Плодородная	5	1	4	1	1	1	1,0	0,7
Васильевская Красная	5	1	4	2	1	2	1,1	0,7
Ленинградская Превосходная	4	2	5	1	3	2	1,5	0,7
Владимирская (К)	3	1	1	2	3	3	1,1	0,9
Шпанка Шимская	-	-	4	2	3	2	2,2	0,9

Рубиновая	5	3	5	3	2	2	2,5	1,0
Краснопахарская	4	2	4	1	3	3	1,3	1,1
Ширпотреб Черная	5	1	3	2	4	3	1,8	1,2
Бастард Черешни	-	-	4	3	4	3	1,8	1,4

Примечание: - наблюдения отсутствуют.

Если раньше в Северо-Западном регионе грибные заболевания не наносили ущерба посадкам вишни, то в 1963 г. было отмечено поражение коккомикозом, эпифитотии которого пришлись на 1965-1967 гг., которые отрицательно отразились на общем состоянии коллекционных образцов. Вначале симптомы заболевания были отмечены на сортах вишни кустарниковой Идеал, Полевка, Уралочка, Пионерская, Расплетка, затем болезнь перекинулась на другие сорта. В 1967 г. – году наибольшего развития болезни - листопад был отмечен уже 20 августа. Результаты наблюдений свидетельствовали, что полевую устойчивость к коккомикозу склонны проявлять Амарель Никифорова, Владимирская новая, Тамбовчанка, Снежинка, Крупноплодная Горшкова, Звездочка, Аморель Королевская, Морель Харитоновой, Мускатная [6].

Как свидетельствуют данные таблицы 2, в лабораторных условиях лучшие показатели морозостойкости показали сорта Щедрая, Уральская Рубиновая, Нижнекамская и Горьковская, относящиеся к группе вишни кустарниковой. Относительно высокие показатели имели Апухтинская, Молодежная, Малиновка – сорта вишни обыкновенной.

Таблица 2. Морозостойкость генеративных почек вишни при промораживании, % (Павловская ОС ВИР)

Сорт	T°					
	-38°С, январь			-35°С, февраль		
	неповреж денных почек	частич-но повреж-денных почек	погиб-ших почек	неповреж денных почек	частич-но повреж-денных почек	погиб-ших почек
Уральская Рубиновая	63,9	0	36,1	30,9	17,6	51,5
Щедрая	60,4	1,9	37,7	32,7	23,1	44,2
Юбилей Казани	48,7	0	51,3	15,6	15,7	68,7
Жагарская	44,8	0	55,2	19,7	7,8	72,5
Нижнекамская	42,1	0	57,9	31,0	0	69,0
Десертная Волжская	40,9	0	59,1	16,0	4,0	80,0
Maikirss	40,5	0	59,5	32,6	0	67,4
Малиновка	40,0	0	60,0	32,1	0	67,9
Горьковская	36,5	0	63,5	28,3	0	71,7
Апухтинская	31,0	4,8	64,3	24,6	0	75,4
Рубиновая (К)	29,0	0	71,0	0	0	100
Первоцвет	27,0	0	73,0	22,8	1,8	75,4
Аморель Никифорова (К)	25,5	0	74,5	8,2	0	91,8
Молодежная	24,3	0	75,7	25,0	10,0	65,0
Tartu	24,1	0	75,9	8,0	0	92,0
Ленинградская Превосходная	20,8	0	79,2	20,0	6,7	73,3
Севастьяновская	18,9	0	81,1	38,3	0	61,7
Jagoli	18,0	0	82,0	2,0	0	98,0
Владимирская (К)	13,8	0	86,2	8,1	4,8	87,1
Жуковская	5,9	0	94,1	1,8	0	98,2

Что касается поражаемости нового набора сортов коккомикозом, то учеты, проведенные в этот период изучения, позволили дифференцировать сортимент на три группы:

- сильно восприимчивые сорта (максимальный балл поражения 4,0): Ленинградская Превосходная, Малиновка, Уралочка, Шакировская, Жагарская, Тверитиновская, Владимирская (К), Труженица Татарии, Еникеевка, Теньковская, Десертная Волжская, Апухтинская;

- средне-устойчивые (максимальный балл поражения 3,0): Молодежная, Юбилей Казани, Уральская Рубиновая, Рубиновая (К), Растунья, Первоцвет, Краса Татарии, Новая Мензелинская, Загорьевская, Жуковская;

- относительно устойчивые (максимальный балл поражения 1,0…2,0): Вахитовская, Нижнекамская, Орловская Ранняя, Щедрая, Горьковская, Заря Татарии, Севастьяновская.

Оценивая результаты второго периода многолетних исследований, для практического использования в Северо-Западном регионе по комплексу хозяйственно-ценных показателей можно рекомендовать сорта Горьковская, Молодежная, Апухтинская, Щедрая. Также выделены сорта – носители ценных селекционных признаков:

- самоплодности: Шакировская, Щедрая, Апухтинская;

- морозостойкости: Уральская Рубиновая, Щедрая, Нижнекамская, Горьковская;

- полевой устойчивости к коккомикозу: Вахитовская, Нижнекамская;

- крупноплодности: Юбилей Казани [4].

Третий период, продолжающийся после 2000 г., включает широкое привлечение и изучение генотипов последней селекции ВНИИСПК, ВСТИСП, ВНИИС, ВНИИГиСПР, ВНИИ люпина, ВНИИСС им. М. А. Лисавенко.

В многолетние исследования включены образцы вишни различного эколого-географического происхождения. Контролем является районированный сорт Владимирская. Методическими рекомендациями по оценке поражений низкими зимними температурами ветвей служили разработки М. А. Соловьевой (1967) [3]. Поражения тканей древесины, сердцевины, камбия и коры одно-, двух-, трех-, четырехлетних ветвей изучали раздельно по каждому возрасту по 5 балловой шкале. Общий балл поражения получали при их суммировании. Повреждения генеративных почек отмечали согласно Программе и методике сортоизучения плодовых, ягодных и орехоплодных культур (Орел, 1999) [2].

Суровые условия перезимовки, особенно 1998/99 и 2002/03 гг., характеризующиеся частыми сменами низких температур с оттепелями (-32,6°С в период вынужденного покоя), послужили хорошей проверкой адаптивности 80 образцов вишни к климатическим условиям региона [5]. Проведенный анализ результатов позволил изученные генотипы по степени повреждений генеративных почек дифференцировать на пять групп:

- высокозимостойкая, повреждения до 10%: Вахитовская (7,0%), к контролю 7,5%;

- зимостойкая, гибель генеративных почек до 25%: Стандарт Урала (13,5) – к контролю 14,6%;

- среднезимостойкая, гибель почек до 50%: Уральская Рубиновая(38,5), Незябкая (42,5), Захаровская (42,9), Зарница(47,5) – к контролю 41,6 - 51,2%;

- слабозимостойкая, гибель генеративных почек до 75%: Щедрая (52,8), Горьковская (53,2), Нижнекамская (62,3), Аморель Никифорова (52,9), Молодежная (62,0), Жагарская (65,4) – к контролю 56,9 - 70,6%;

- незимостойкая, гибель почек до 100%: Юбилей Казани (79,0), Шубинка (86,3), Ленинградская Превосходная (91,1), Звездочка (92,4), Владимирская (92,6), Жуковская (93,4), Загорьевская (96,1), Отечественная (99,1), Апухтинская и Jagoli (100%) – к контролю 85,3 - 107,9%.

Общий балл подмерзаний вегетативных органов, характеризующий состояние после перезимовки, составил по сортам от 8,5 до 80. По результатам опытов сорта также разделились на 5 групп. I группа – очень зимостойкие (общий балл до 15), в нее вошли Стандарт Урала (8,5), Булатниковская и Звездочка (12,2), Вахитовская и Щедрая (13,8). Процент к контролю составил от 28,2 до 45,5. II группа – зимостойкие сорта – самая

многочисленная. Она включает 50 сортов, имеющих общий балл подмерзаний от 16 до 31: Костычевская Поздняя (16,3), Растунья (16,5), Горьковская (17,8), Шубинка (21,3), Уральская Рубиновая (21,5), Ленинградская Превосходная (27,1), Владимирская (30,2), Молодежная (31,5). Процент к контролю по сортам этой группы составил от 53,8 до 104,3. В III группу – среднезимостокие (общий балл подмерзаний 32 - 47) отнесены Krameri (32,1), Рубиновая (34,5), Краса Татарии (42.5), Отечественная (46,0). Процент к контролю составил от 106,3 до 156,3. IV группа – малозимостойкие сорта (общий балл подмерзаний от 50 до 65) – Maikirss и Еникеевка (50,0), Память Учителя (53,0). Процент к контролю – от 165,6 до 175,5. V группа – незимостойкие (общий балл подмерзаний от 66 до 80) – включает сорта Украинка (72,5), Апухтинская, Мономах, Орленок, Jagoli (80). Процент к контролю у них составил от 240,1 до 264,9.

Между повреждениями генеративных почек и вегетативных органов была установлена слабая корреляционная зависимость (r=0,45). Такие сорта, как Юбилей Казани, Малиновка, Черная Десертная, Майская, Первоцвет, Жуковская, Орловская Ранняя, Tartu, Отечественная, Ленинграская Превосходная, Владимирская (К) и др. по подмерзанию генеративных почек отнесены к V-й группе (незимостойкие), а по повреждению вегетативных органов – во II –ю (зимостойкие).

По результатам исследований наиболее адаптированными к низким отрицательным температурам Северо-Западного региона являются Щедрая, Горьковская, Уральская Рубиновая, Вахитовская и Стандарт Урала. Эти сорта по своему генетическому происхождению тяготеют к виду *C. fruticosa*

Внедрение в сады черешни, как южной по происхождению, плодовой культуры, требующей для условий севера селекционного вмешательства, началось в середине прошлого века работами ВИР. Тогда были получены 29 сортов, из которых лучшими, как показали в дальнейшем многолетние исследования, были: Ленинградская Черная, Ленинградская Розовая, Красная Плотная. Другие сорта постепенно были вытеснены из сортимента суровыми зимами.

Для черешни – нетрадиционной плодовой культуре для Северо-Западного региона – основным направлением изучения была адаптивная способность сортов к сложным климатическим условиям. Особое значение имело изучение генотипов различного эколого-географического происхождения. Таких генотипов насчитывалось свыше 40, из которых основу составляли выведенные в условиях Северо-Запада (ВИР), а также привлеченные из Беларуси, Эстонии и Центрально-Черноземного региона.

Сложные условия зим 1998/99, 2002/03 и 2005/06 гг., характеризующихся частыми сменами морозов и оттепелей, служили хорошей проверкой адаптивности сортов черешни к климатическим условиям Северо-Запада (таблица 3). В исследованиях также были использованы методические рекомендации М.А. Соловьевой.

Минимальная отрицательная температура достигала -32,8°С (I декада февраля 1999 г.). В таких условиях слабое подмерзание показали Черешня из Бережного (Беларусь), Сеянец Козловской 25 и Ленинградская Розовая (СПб). Зимой 2002/03 гг., когда температура достигала -32,5°С (январь), слабое подмерзание было характерно опять же для сорта Ленинградская Розовая и Сеянца Козловской 25. В период вынужденного покоя в I декаде февраля зимы 2005/06 гг. температура составила -29,3°С. Тогда слабое подмерзание показали Piret, Tômmu и Meelika (все из Эстонии).

За годы исследований по устойчивости к низким отрицательным температурам в суровые зимы изученные сорта черешни дифференцированы на группы[1]:

I – очень зимостойкие: сортов нет;

II – зимостойкие: Сеянец Козловской 25, Ленинградская Розовая, Сердечко, Черешня из Бережного, Meelika;

III - среднезимостойкие: Anne, Tômmu, Алебастровая, Красная Плотная, Журба, Черешня 2-4-46, Скребловская, Красная Сладкая, Черешня 2-48, Первенец, Priima, Veidenbergi, Piret, Kristina;

IV – малозимостойкие: Polli Murel, Козловская, Гортензия Краснопахарская;
V – незимостойкие: Kati, Nord, Черешня 120 и Юлия.

Таблица 3. Группировка сортов черешни по устойчивости к низким отрицательным температурам по результатам перезимовки суровых зим 1998/99, 2002/03, 2005/06 гг. (Павловская ОС ВИР)

Сорт	Повреждение морозами, балл[1]				Суммарный балл повреждений	Группа устойчивости
	Однолетние ветви	2-х летние ветви	3-х летние ветви	Многолетние ветви		
Сеянец Козловской 25	8,0	7,7	7,7	3,4	26,8	II
Ленинградская Розовая	8,3	8,3	7,3	4,0	27,9	
Сердечко	8,0	8,0	8,0	5,3	29,3	
Meelika	8,3	8,3	7,1	5,9	29,6	
Черешня из Бережного	11,0	10,4	4,7	4,3	30,4	
Anne	8.9	9.1	9.1	5.0	32.1	III
Tômmu	9.3	8.3	8.8	7.3	33.7	
Красная Плотная	8,6	9,4	9,1	6,9	34,0	
Журба	8,4	8,9	8,7	8,1	34,1	
Черешня 2-4-46	10,1	10,1	8,9	5,3	34,4	
Красная Сладкая	8,9	8,9	9,9	8,3	36,0	
Priima	10.1	10.1	10.2	7.7	38.1	
Veidenbergi	10.7	10.7	10.7	8.3	40.4	
Piret	10,7	10,3	10,3	9,2	40,5	
Kristina	10,4	11,3	11,3	9,5	42,5	
Polli Murel	13,9	14,0	14,0	13,1	55,0	IV
Гортензия Краснопахарская	14,2	15,0	14,6	13,7	57,5	
Kati	13,7	17,7	17,7	17,4	66,5	V
Nord	17,0	17,0	17,0	16,0	67,0	
Юлия	20,0	20,0	20,0	20,0	80,0	

За годы исследований по устойчивости к низким отрицательным температурам в суровые зимы изученные сорта черешни дифференцированы на группы[1]:

I – очень зимостойкие: сортов нет;

II – зимостойкие: Сеянец Козловской 25, Ленинградская Розовая, Сердечко, Черешня из Бережного, Meelika;

III - среднезимостойкие: Anne, Tômmu, Алебастровая, Красная Плотная, Журба, Черешня 2-4-46, Скребловская, Красная Сладкая, Черешня 2-48, Первенец, Priima, Veidenbergi, Piret, Kristina;

IV – малозимостойкие: Polli Murel, Козловская, Гортензия Краснопахарская;

V – незимостойкие: Kati, Nord, Черешня 120 и Юлия.

Подводя итоги многолетнего изучения генофонда в условиях Северо-Западного региона, мы пришли к заключению, что в последние десятилетия происходит серьезное селекционное совершенствование сортимента вишни. Начальный период нашего изучения, ограниченный 1980 г., характеризовался выделением сортов, относящихся к первому этапу селекции вишни в России, которые имели многие серьезные недостатки, такие как мелкоплодность, высокая кислотность плодов, высокая поражаемость растений коккомикозом: Идеал, Пионерская, Полевка, Полжир, Снежинка, Урожайная, Уралочка и др. Дальнейшее улучшение сортимента произошло в результате селекционной деятельности ведущих научных институтов и опытных станций по садоводству. Появилось больше сортов обладающих высокой зимостойкостью, полевой устойчивостью к коккомикозу, крупноплодностью и комплексом

[1] Сумма баллов повреждений коры, камбия, древесины и сердцевины

лучших показателей биолого-хозяйственных признаков. Селекция начала осуществляться с использованием не случайных исходных форм, а носителей ценных селекционных признаков и доноров иммунитета к коккомикозу. Происходит выделение источников ценных признаков. Это уже очень заметно по таким изученным нами сортам, как Вахитовская, Жуковская, Заря Татарии, Краса Татарии, Молодежная, Нижнекамская, Первоцвет, Стандарт Урала, Уральская Рубиновая, Шакировская, Щедрая. Дальнейшее улучшение вишни возможно только на основе использования эффективных источников селекционных признаков. Что касается черешни, то поиск генотипов для северных широт продолжается. Из выведенных в 50-е годы прошлого столетия сортов остались лишь немногие способные выстоять суровые зимы. Выделенные нами новые образцы требуют дополнительного испытания в сложных условиях северного рискового земледелия.

Литература

1. *Орлова С.Ю., Юшев А.А.* Оценка зимостойкости черешни в условиях Северо–Западного региона // Материалы Всероссийской научно-методической конференции «Проблемы агроэкологии и адаптивность сортов в современном садоводстве России». Орел. 2008. С.206-209.
2. Программа и методика сортоизучения плодовых, ягодных и орехоплодных культур. Орел. 1999.
3. *Соловьева М.А.* Зимостойкость плодовых культур при разных условиях выращивания. М. 1967. 236 с.
4. *Юшев А.А., Орлова С.Ю.* Результаты сортоизучения вишни под Санкт-Петербургом // Материалы международной научно-методической конференции «Роль сортов и новых технологий в интенсивном садоводстве». Орел. 2003. С.392-394.
5. *Юшев А.А., Орлова С.Ю.* Оценка зимостойкости генофонда вишни в условиях Северо-Западного региона // Генетические ресурсы культурных растений в XXI веке: состояние, проблемы, перспективы / Тезисы докладов II Вавиловской международной конференции. СПб. ВИР. 2007. С.658-660.
6. *Юшев А.А., Рахманова А.Н.* Сортоизучение вишни на Павловской опытной станции ВИР // Труды по прикл. бот., ген. и сел. Л., Т.52. Вып.3. 1974. С.130-143.

ФИЗИОЛОГО-БИОХИМИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ АДАПТАЦИИ У МУТАНТОВ *ARABIDOPSIS THALLANA* (L.) HEYNH

М. М. Якубова[1], О. В. Усманова[2], Х. Ю. Юлдашев[1], З. М. Хамрабаева[1], Ш. Сухробова[1]

[1]Таджикский национальный университет, кафедра биохимии, Душанбе, Таджикистан, e-mail: awst2001@mail.ru

[2]Институт физиологии и генетики растений АН РТ, Душанбе, Таджикистан, e-mail: rustim.us@mail.ru

Резюме

В статье показана возможность использования аллельных хлорофильных мутантов арабидопсиса в качестве экспериментальных моделей в изучении механизмов адаптации и устойчивости фотосинтетического аппарата к факторам природной среды. Выявлено, что аллельные мутации, детерминируя фенотипически сходную желто-зеленую окраску растений, вместе с тем отличаются друг от друга по интенсивности фотосинтеза, фотодыханию и ответной реакции на концентрацию CO_2.

PHYSIOLOGICAL-BIOCHEMICAL PECULIARITIES OF *ARABIDOPSIS THALLANA* (L.) HEYNH. MUTANTS' ADAPTATION

M. Yakubova[1], O. V. Usmanova[2], H. Yu. Yuldashev[1], Z. M. Khamrabaeva[1], Sh. Suhrobova[1]

[1]Tajik National University, Dep. of Biochemistry, Dushanbe, Tajikistan, e-mail: awst2001@mail.ru

[2]Institute of Plant Physiology and Genetics AS of RT, Dushanbe, Tajikistan, e-mail: rustim.us@mail.ru

Abstract

The article shows availability of allelic chlorophyll mutants of Arabidopsis as a pilot model in studying of the mechanisms of adaptation and photosynthetic device sustainability to the natural environment factors. It was revealed that determining phenotypic similar yellow-green color of the plant, allelic mutation differ from each other on photosynthesis intensity, photorespiration and back-response to CO_2 concentration.

Как известно, адаптация представляет собой способность живых организмов приспосабливаться к изменяющимся условиям окружающей среды с одновременным повышением вероятности выживания и самовоспроизведения.

Процессы адаптации, с одной стороны, представляют собой основу для эволюции живых организмов, а с другой, являются неотъемлемой частью индивидуального развития организма. Изучение приспособительных реакций организма к меняющимся условиям окружающей среды, таким как температура, концентрация CO_2, ионный состав, содержание кислорода и токсических веществ, актуально как в плане развития фундаментальных представлений о механизмах физиологической и биохимической адаптации, так и в плане коррекции организма в ответ на соответствующие изменения в окружающей среде.

Особую актуальность в связи с изучением адаптации и устойчивости растений к неблагоприятным условиям среды представляет исследование процесса фотосинтеза как одного из уникальнейших явлений эволюции. Для этих целей немалый интерес вызывает изучение мутантных форм растений. В частности, к настоящему времени накоплен большой экспериментальный материал, свидетельствующий о плодотворности применения мутантных форм для исследования механизмов фотосинтеза, взаимосвязи между структурно-функциональной организацией фотосинтетического аппарата и продуктивностью растений [1, 4–5, 7–9].

Широкое использование мутантов позволило подойти также к решению самых разнообразных вопросов, в том числе выяснению путей биосинтеза различных клеточных компонентов, механизма отдельных метаболических процессов, их функциональной и генетической регуляции [3].

К сожалению, работ с использованием мутантов в качестве объектов при решении проблем адаптации на уровне фотосинтетических показателей недостаточно.

В то же время и становление, и функционирование фотосинтетического аппарата – одни из важных показателей стартовых механизмов, определяющих устойчивость растения к воздействию стрессов, а, следовательно, и параметры их адаптации к изменяющимся условиям окружающей среды.

Для этих целей отличным объектом может служить растение арабидопсис *(Arabidopsis thalliana* (L.) Heynh.) и его мутанты.

Вид *Arabidopsis thalliana* интересен с нескольких точек зрения: в качестве объекта для разнообразных экспериментальных, систематических и фитогеографических исследований; среди его рас есть чрезвычайно быстроразвивающиеся формы, дающие до 10–11 поколений в год; его можно разводить в лабораторных условиях на асептических агаровых средах определенного состава в точно контролируемых условиях температуры, влажности и освещения, в различных условиях тепличного и наружного культивирования; он характеризуется высокой семенной продуктивностью (одно растение дает от сотен до десятков тысяч семян), легко разводится в условиях самоопыления; обладает огромным естественным ареалом и представлен в природе большим числом разных морфо-физиологических и экологических форм. Количество хромосом у арабидопсиса 2n = 10, т. е. растение имеет всего пять групп сцепления, что облегчает генетический анализ [4, 5].

Среди мутаций, влияющих на фотосинтетические показатели, наибольший интерес представляют аллельные мутации, так как при помощи генетических анализов показано, что единицей измерения является структура одного и того же гена. В настоящее время установлено, что аллельные мутации контролируют образование сходных энзимов при прохождении соответствующих процессов биосинтеза. Они по-разному могут блокировать одно и то же звено в цепи биохимических реакций, что делает их очень удобной

экспериментальной моделью для изучения как структуры гена, так и механизмов его воздействия на физиолого-биохимические процессы.

Важность использования аллельных мутантов связана с их особенностями, которые обусловлены регуляторными системами, функционирующими на разных уровнях: изменения генетической программы (уровень клетки); морфоструктурных отличий (организменный уровень); изменения нормы реакции внутри организма (организм – среда).

Материалы и методы

Учитывая вышесказанное, для наших исследований взяли исходную расу En и двух представителей из серии хлорофильных мутантов арабидопсиса (12.5(17) и F_6), генетический анализ которых выявил их аллельные взаимоотношения. Все они относятся к хлорофильным мутантам и отличаются по окраске листьев – от светло-зеленого и желто-зеленого до бледно-зеленого. Характеристика объектов исследования представлена в табл. 1.

Таблица 1. Фенотипическая характеристика мутантов арабидопсиса – объектов исследования

Шифр линий	Название фена (гена), окраска листьев	Окраска листьев	Размер розетки, см	Высота растения, см	Индекс развития	Плодовитость
En	flavi 1	Зеленая	5–7	18–35	Нормальное	Нормальная
12.5(17)	flavi 1 – 3	Желто-зеленая, переходящая в светло-зеленую	3–5,5	16–18	Замедленное	Пониженная
F_6	flavi 1 –4	Желто-зеленая до светло-зеленой	3–4	7–15	Почти нормальное	Почти нормальная

Были исследованы следующие параметры: число и размеры хлоропластов в клетке, концентрация хлорофилла, интенсивность фотосинтеза, фотодыхания и зависимость газообмена от концентрации CO_2 в эксперименте в фазу цветения.

Методы исследований

Число и размер хлоропластов определяли путем инфильтрации срезов в изотоническом растворе сахарозы по общепринятой методике [2]. Препараты анализировали под световым микроскопом МБИ-3 при увеличении $^{x}300$. Диаметр хлоропластов измеряли окуляр-микрометром МОВ-15^{x} при общем увеличении $^{x}1350$.

Содержание хлорофиллов определяли по Д. Ветштейну [11] и Л. Вернону [10].

Интенсивность видимого фотосинтеза и фотодыхания листа определяли в открытой системе в токе воздуха оптико-акустическим газоанализатором ГИАМ-15, включенным по дифференциальной схеме [6]. Скорость газообмена измеряли при насыщающих интенсивностях света. С помощью динамического смесителя получали газовые смеси от 0 до 100% относительной влажности с содержанием O_2 от 0 до 21% и концентрацией CO_2 0 – 1500 ppm. Углекислотную зависимость фотосинтеза измеряли при концентрации CO_2 0 – 500 ppm при скорости несущего потока 30 л/ч в системе. Этому требованию в естественных условиях соответствует солнечная радиация, проходящая в период с 11 до 13 ч. местного времени.

Результаты исследований

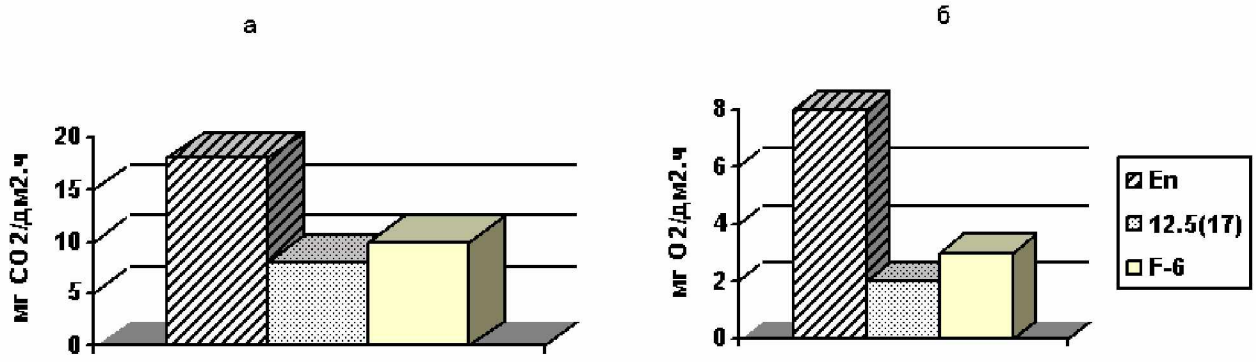
Анализ содержания хлорофилла, числа хлоропластов и их размера у аллельных мутантов выявил следующую закономерность: по содержанию хлорофилла мутанты по сравнению с исходной расой En резко отличаются, в частности, мутант F_6 содержит хлорофилла меньше почти в 2 раза, а мутант 12.5.(17) – более чем в 6 раз. В то же время следует отметить, что у исследованных мутантов число хлоропластов в пределах 25% меньше, чем у исходной расы

En, а размер хлоропластов уменьшен примерно на 10%. Следовательно, представленные данные позволяют сделать следующее предположение: несмотря на низкое содержание хлорофилла, работоспособность фотосинтетического аппарата у мутантов достаточно эффективна для того, чтобы данные растения могли полностью осуществлять свой цикл развития от семени до семени (табл. 2).

Таблица 2. Действие аллельных мутаций на структурно-функциональные характеристики фотосинтетического аппарата у арабидопсиса

Шифр линий	Концентрация хлорофилла, мкг/г сухой массы	Хлоропласты	
		число	размер
En	1195	28	5,01
12.5.17	191	21	4,57
F_6	520	20	4,65

Известно, что процессы фотосинтеза и фотодыхания снабжают клетки энергией и метаболитами и обеспечивают рост растения. Общепринято положение о том, что на свету основной этап дыхания – гликолиз -ингибируется, а цикл Кребса функционирует так же как в темноте за счет промежуточных продуктов фотосинтеза.



Интенсивность фотосинтеза (а) и фотодыхания (б) при концентрации CO_2 0,03 % (300 ppm)

На рисунке (а) представлен показатель интенсивности фотосинтеза при концентрации CO_2 300 ppm (0,03%). Сравнительное исследование данного показателя у исходной расы и ее мутантов позволило выявить существенные различия. В частности, для исходной формы En интенсивность фотосинтеза составляет 18 мг CO_2/дм^2.ч, для мутанта 12.5.(17) интенсивность фотосинтеза 8 мг CO_2/дм^2 ч, а для мутанта F_6 – 10 мг CO_2/дм^{2}ч.

Параллельное определение у исследованных объектов интенсивности фотодыхания позволило установить следующую сравнительную закономерность: этот показатель для исходной расы En равен 8 мг O_2/дм^2 ч, т. е.фотодыхание составляет 45% от интенсивности фотосинтеза. Для мутанта 12.5(17) интенсивность фотодыхания 2 мг O_2/дм^2 ч, для мутанта F_6 – 3 мг O_2/дм^2 ч, т. е.исходная форма в 3–4 раза превосходит по данному показателю мутанты (рисунок, б).

Представляет интерес сравнить интенсивность фотосинтеза с фотодыханием, так как оба эти процесса энергетически выгодны для зеленой клетки в обеспечении ее метаболитами. Показано, что для исходной расы En соотношение CO_2/O_2 равно 2, для мутанта 15.2(17) – 4, а для мутанта F_6 – 3. Эти показатели указывают на то, что энергообеспечение и условия экспорта ассимилятов из листа у аллельных мутантов идут в большей степени за счет ассимиляции CO_2 (табл. 3).

Принимая во внимание данные от изучения структурно-функциональной характеристики фотосинтетического аппарата аллельных хлорофилльных мутантов арабидопсиса, нам представляется возможность использовать их в качестве экспериментальных моделей в

изучении механизмов адаптации и устойчивости к факторам внешней среды, в частности к повышенным концентрациям CO_2. Учитывая это, мы изучили интенсивность фотосинтеза и фотодыхания при повышенных концентрациях CO_2 (400 и 500 ppm). Изменение концентрации CO_2 в эксперименте позволило выявить следующее: при 400 ppm поглощение CO_2 по сравнению с показателем реального фотосинтеза при 300 ppm увеличилось вдвое, а при концентрации CO_2 500 ppm снизилось втрое.

Для мутанта 12.5.(17) увеличение концентрации CO_2 до 400 ppm также привело к увеличению интенсивности фотосинтеза в 2 раза, но дальнейшее увеличение концентрации CO_2 до 500 ppm вызвало снижение поглощения CO_2 вчетверо.

Что же касается мутанта F_6, то его ответная реакция на повышение концентрации CO_2 до 400 ppm вызвала увеличение интенсивности фотосинтеза в 1,5 раза, а при концентрации 500 ppm интенсивность фотосинтеза снизилась в 1,5 раза. Из представленных результатов можно заключить, что изученные мутанты отличаются интенсивностью фотосинтеза от исходной расы при всех концентрациях CO_2 в эксперименте, т. е. этот показатель у них намного ниже, чем у исходной расы En. Интенсивность фотодыхания при различных концентрациях CO_2 в эксперименте у исходной расы En при концентрации CO_2 400 ppm практически не меняется, но снижается вдвое при концентрации CO_2 500 ppm. Для мутантов 12.5.(17) и F_6, у которых по сравнению с исходной расой интенсивность фотодыхания намного ниже, практически изменение концентрации CO_2 не повлияло на данный процесс. Анализируя представленные данные, можно констатировать, что исходная раса и мутанты в силу разного генотипического устройства фотосинтетического аппарата по-разному реагируют на изменение концентрации CO_2 в эксперименте.

Таблица 3. Интенсивность фотосинтеза и фотодыхания при различных концентрациях CO_2 в эксперименте

Шифр линий ppm	Фотосинтез, мг CO_2/дм^2 ч			Фотодыхание, мг CO_2/дм^2 ч		
	300	400	500	300	400	500
En	18	36	6	8	7	4
12.5(17)	8	16	2	2	2	2
F_{-6}	10	16	6	3	2	2

Таким образом, показана возможность использования аллельных хлорофильных мутантов арабидопсиса в качестве экспериментальных моделей в изучении механизмов адаптации и устойчивости фотосинтетического аппарата к факторам природной среды.

Следовательно, аллельные мутации, детерминируя фенотипически сходную желто-зеленую окраску растений, вместе с тем отличаются друг от друга по интенсивности фотосинтеза, фотодыханию и ответной реакции на концентрацию CO_2.

В то же время следует отметить, что у аллельных мутантов арабидопсиса, как было показано ранее, точковая мутация хотя и оказывала плейотропное действие на некоторые показатели структурной организации фотосинтетического аппарата, но в то же время не повлияла на жизненный цикл плодоношения [5]. Это указывает на высокую толерантность энергообеспечивающей системы фотосинтетического аппарата, которая вырабатывалась в процессе длительного исторического развития фотосинтезирующих организмов и, очевидно, направлена на продолжительность их существования на эволюционной арене, несмотря на действие мутаций и условий внешней среды.

Литература

1. *Абдуллаев Х. А., Усманов П. Д., Тагеева С. В., Насыров Ю. С.* Структура и функция хлоропластов пигментных мутантов *Pisum sativum* и *Arabidopsis thalliana* (L.) Heynh. // Ген. аспекты фотосинтеза. Душанбе: Дониш, 1971. С. 77—105.
2. *Боннер Дж.* Методы фракционирования клетки // Биохимия раст. М.: Мир, 1968. С. 10—12.
3. *Насыров Ю. С.* Фотосинтез и генетика хлоропластов. М.: Наука, 1976.

4. *Усманов П. Д.* Генотипическая изменчивость фотосинтетического аппарата высших растений: Автореф. дис. … на соиск. учен. степ. д-ра биол. наук. М., 1984.
5. *Усманова О. В., Веселова Т. В., Веселовский В. А., Усманов П. Д.* Действие аллельных мутаций на структуру и функцию фотосинтетического аппарата *Arabidopsis thalliana* (L.) Heynh // 2-е Всесоюз. совещ. «Генетика развития». Ташкент, 1990.
6. *Юлдашев Х. Ю., Якубова М. М., Расулов Б. Х., Каспарова И.* Прибор для измерения параметров CO_2-газообмена листа // Тез. докл. апр. науч.-теорет. конф. проф.-преп. состава. Душанбе, 1995. с. 132.
7. *Якубова М. М., Бободжанова Х. И.* Функциональная активность фотосинтетического аппарата арабидопсиса. Душанбе: Дониш, 2002.
8. *Якубова М. М., Хамрабаева З. М.* H^+ – АТФаза хлоропластов хлопчатника и арабидопсиса. Душанбе: Дониш, 2005.
9. *Якубова М. М., Юлдашев Х. Ю.* Фотосинтез и метаболизм углерода у перспективных форм хлопчатника. Душанбе: Шарки озод. 1999.
10. *Vernon L. P.* Spectrophotometric determination of chlorophylls and pheophytins in plant extracts // Analyt. Chem. 1960. V. 32, № 9. P. 1144–1150.
11. *Wettstein D.* Chlorophyll-letale und der submicroscopische formwechsel der plastiden // Exp. Cell Res. 1957. V. 12, № 23. P. 427–430.

ИМЕННОЙ УКАЗАТЕЛЬ АВТОРОВ

Абашина Е.В. 567
Абдуллаев Ф. 464
Абугалиева А.И. 220
Азизова С.Д. 410
Алексанян С.М. 331
Алексеева Т.П. 33
Алиев К. 188
Алпатьева Н.В. 336
Андронова А.Е. 33
Анисимова И.Н. 177, 336
Анпилогова Л.К. 33
Антонова О.Ю. 343, 372, 424, 478
Артамонов В.Д. 321
Артёмова Г.В. 168, 487, 574
Артемьева А.М. 20
Багмет Л.В. 424
Бадаева Е.Д. 414
Бандурко И.А. 532
Баталова Г.А. 5
Бахтенко Е.Ю. 93
Бебякина И.В. 519
Беляева Р.А. 11
Бобоев Т.Б. 410
Богданова Е.Д. 347
Большакова Е.И. 343
Боме А.Я. 493
Боме Н.А.493
Борзяк В.С. 41
Ботоев Б.Б. 101
Брыкова А.Н. 101
Булойчик А.А. 41
Булынцев С.В. 15
Буренин В.И. 20
Бурляева М.О. 26, 357
Бурмистров Л.А. 331
Ваганова О.Ф. 33
Вайсфельд Л.И. 321
Валиуллина Г.Н. 578
Васеха В.В. 136
Васильев Н.П. 331
Васич М. 185
Ватанабе Н. 396
Вержук В.Г. 353
Вишнякова М.А. 185, 286, 357
Волкова Г.В. 33
Волуевич Е.А. 41
Волченко Г.А. 321
Волченко С.Г. 321
Волынкин В.А. 364, 429
Гавриленко Т.А. 343, 372, 424, 478
Гаврилова В.А. 177, 336
Гайдамакина Е.В. 47
Гашимов М.Э. 140, 278
Глуховцев В.В. 499, 505
Головнина К.А. 375
Головоченко А.П. 499, 505
Головоченко Н.А. 505
Гончаров Н.П. 375, 396
Гончарова Э.А. 51
Горбачева Н.Г. 72
Гордей И.А. 56, 310
Грабовец А.И. 512
Гриб С.И. 41, 65
Гудзенко В.Н. 147
Гулевич А.А. 131
Гуркина М.В. 15
Давидчик Т.О. 439
Давоян О.Р. 519
Давоян Р.О. 519
Давоян Э.Р. 519
Даулетбаева С.Б. 316
Демченко Т.И. 532
Джаманкулова З. 464
Джигадло Е.Н. 72
Джорджевич В. 185
Джумахмадов А. 436
Дзюбенко Н.И. 381
Дмитриева С.А. 439
Добротворская Т.В. 414
Добрянская М.В. 33
Дорохов Д.С. 355
Драгович А.Ю. 75
Дубровная О.В. 404
Дудка Л.Ф. 125
Дудников А.Ю. 388
Дука М.В. 336
Дюбин В.Н. 551
Егорова Е.М. 157
Елацков Ю.А. 270
Елацкова А.Г. 270
Еремин Г.В. 81
Ермолаева Л.В. 296
Жестков А.С. 353
Жидехина Т.В. 87
Заушинцена А.В. 256
Захаров В.Г. 101
Зейслер Н.А. 93
Зеленский Г.Л. 97
Зинченко А.Н. 519
Зленко В.А. 429
Зобова Н.В. 263
Зубов А.А. 208
Зуев Е.В. 101
Зырянова А.Ф. 101, 168, 574
Иванов М.В. 523
Иванова В.С. 101
Иванова Н.В. 523
игумен Адриан 331
Исламшина А.Б. 372
Исламшина А.Р. 343
Кадушкина В.П. 512
Калыбекова Ж.Т. 584
Капустин А.А. 106
Каримов Б. 188
Каримов Р.К. 410
Карли Карло 188
Картель Н.А. 473
Каюмова Н.И. 410
Киру С.Д. 372
Киселева О.А. 108
Клименко И.А. 131, 391
Климова И.И. 47
Клыгина Т.Э. 163, 446
Кобылянский В.Д. 112
Ковалев В.С. 118
Коваленко Л.С. 33
Ковригина Л.Н. 122, 256
Ковтуненко В.Я. 125
Кожанова Т.Н. 20
Кожахметов К.К. 220
Козленко Л.В. 527
Козлов Н.Н. 131
Козловская З.А. 136, 473
Колесова М.А. 140, 278
Комкова Т.Н. 131
Коновалов Ф.А. 375
Коптик И.К. 65
Корнеев В.Б. 180
Коровина В.Л. 131
Косарева Г.А. 145
Костина Л.И. 372, 478
Косых Л.А. 534
Котов В.М. 532
Кочетков В.М. 532
Кочмарский В.С. 147
Кошкин В.А. 151
Кремнева О.Ю. 33
Крохмаль А.В. 512
Крылова Е.А. 372, 424
Кузнецова Н.Л. 321
Кузнецова Т.Л. 214
Куликов П.В. 357
Курбанова П.М. 278
Кутузова С.Н. 156, 534
Лайкова Л.И. 396
Лапина Е.Н. 97
Лебедева Т.В. 375
Леунов В.И. 163, 446
Лихенко И.Е. 101, 168, 574
Лиховской В.В. 429
Лоскутов И.Г. 93, 173, 493, 551
Лупышева Ю.В. 353
Люсиков О.М. 56
Лялина Е.В. 399, 450

Лялько И.И. 404
Ляпунова О.А. 375
Ляхова Н.Е. 263
Макаренков М.А. 131
Макаркина М.А. 238
Малиновская Е.В. 208
Малышева Н.Н. 97, 118
Малюженец Н.С. 131
Мамадалиева М.А. 410
Маркин Н.В. 177
Мартынов С.П. 414
Мартынова А.А. 540
Мартюшов П.А. 357
Матвеева Г.В. 180
Матвиенко И.И. 151
Махмудова К.Х. 347
Меликов К. 188, 436
Мельник В.М. 396
Менжулин Г.В. 544, 559
Мережко А.Ф. 151
Микич А. 185
Мироненко Н.В. 372
Митрофанова О.П. 33, 75, 396
Михайлова Е.В. 353
Михайлович В. 185
Моисеенко Л.М. 101
Мотылева С.М. 420
Наимов С. 188
Некрасов А.Ю. 15
Неуймин С.И. 357
Нецветаев В.П. 192
Нецветаева О.В. 192
Никонов В.И. 101
Новикова Л.Ю. 180, 372, 424, 478, 551
Овчинникова А.Б. 372, 424
Олейников Н.П. 429
Орлова С.Ю. 601
Павлова В.Н. 567
Павловский А.А. 544
Панченко В.В. 125
Парсаев Е.И. 480
Партоев К. 188, 436
Парфенов В.И. 439
Пендинен Г.И. 372
Перич В. 185
Пименов М.Г. 446
Пискунова Т.М. 20
Полулях А.А. 364
Поморцев А.А. 192, 399, 450
Пономаренко В.В. 202
Пономаренко В.И. 168, 574
Попова И.С. 457
Попова О.М. 396
Потокина Е.К. 151, 381
Потокина С.А. 101
Пупкова Н.А. 353
Радченко Е.Е. 208, 214
Радюкевич Т.Н. 523
Разгуляева Н.В. 391
Ригин Б.В. 375
Рогозина Е.В. 343
Рожкова В.Т. 177, 336
Россеева Л.П. 101
Рубцова В.Е. 11
Савватеев С.П. 559
Савельев Н.И. 353
Савин Т.В. 220
Сайдалиев Х. 464
Санин А.А. 534
Сарикян К.М. 224
Свиркова С.В. 228
Седловский А.И. 232
Седов Е.Н. 238
Седышева Г.А. 72, 238
Семенова Е.В. 242
Середа Г.А. 563
Середа С.Г. 563
Серова З.М. 238
Сеферова И.В. 357
Сиротенко О.Д. 567
Скаженник М.А. 118
Смекалова Т.Н. 372, 424
Соболев Д.В. 242
Соколова Л.М. 446
Соловьева А.Е. 296
Солодухина О.В. 112
Сорокин А.А. 331
Сочалова Л.П. 168
Спунер Д. 372
Степанова Г.В. 249
Степанюк Г.Я. 256
Степанян Н.П. 467
Степочкин П.И. 168, 487, 574
Сулангов М. 188
Сурин Н.А. 263
Сухробова Ш. 606
Сюков В.В. 101
Терехин М.В. 101
Теханович Г.А. 270
Тимофеев В.Б. 125
Тимофеева Г.И. 336
Тихонова М.А. 177
Тихонова Н.Г. 331, 353
Толстая Т.Т. 177, 336
Трухан В.А. 131
Туз Р.К. 273
Тырышкин Л.Г. 140, 278
Тюпина Л.Н. 232
Тютюма Н.В. 47
Урбанович О.Ю. 473
Усатов А.В. 177
Усманова О.В. 607
Фадеева И.Д. 578
Филимонова Ю.А. 286
Филипенко Г.И. 353
Филиппова Н.И. 480
Фисенко А.В. 75
Фоменко М.А. 512
Хайленко Н.А. 232
Халикова М. 464
Халикова Ч. 464
Хамрабаева З.М. 607
Харчук О.А. 290
Хацкевич А.А. 473
Хмелинская Т.В. 20, 296
Ховрин А.Н. 163, 446
Храпалова И.А. 20
Христов Ю.А. 168
Цыганков В.И. 584, 593
Цыганков И.Г. 584, 593
Цыганкова М.Ю. 593
Чалая Н.А. 343
Чугункова Т.В. 404
Чудинов В.А. 300
Чупина Б. 185
Шамсутдинов Н.З. 303
Шанинов Т.С. 584
Шатурова А.С. 375
Шаханов Е.Ш. 563
Швачко Н.А. 372, 478
Шимко В.Е. 310
Штефан Г.И. 480
Шувалов О.Ю. 343
Шулембаева К.К. 316
Эйгес Н.С. 321
Юдаева В.Е. 327
Юлдашев Х.Ю. 607
Юшев А.А. 540, 601
Яковлева И.М. 439
Якубова М.М. 607
Янченко Е.В. 163

СОДЕРЖАНИЕ

Генетические ресурсы растений как стратегический компонент продовольственной, экологической и биоресурсной безопасности……..5

Мониторинг разнообразия и сохранение культурных растений и их диких родичей ex situ и in situ для предотвтащения генетической эрозии.....……331

Использование потенциала генетических ресурсов растений в условиях глобального изменения климата.....……487

Именной указатель авторов……..613

Научное издание

ТРУДЫ ПО ПРИКЛАДНОЙ БОТАНИКЕ, ГЕНЕТИКЕ И СЕЛЕКЦИИ, ТОМ 166

Корректор Н.Г. Медвинская
Технический редактор В.Г. Лейтан

Подписано в печать 11.11.2009. Формат 70x100/16.
Бумага офсетная. Печать офсетная.
Усл. печ. л. Тираж 300 экз. Заказ № 1311-09

Сектор редакционно-издательской деятельности
ГНЦ РФ ВНИИР им. Н.И. Вавилова (ВИР)
190000, Санкт-Петербург, Большая Морская ул., 44

ООО «Копи-Р»
Санкт-Петербург, пер. Гривцова, 6Б