



Федеральный исследовательский центр
Всероссийский институт генетических ресурсов растений
имени Н.И. Вавилова (ВИР)



V ВАВИЛОВСКАЯ МЕЖДУНАРОДНАЯ КОНФЕРЕНЦИЯ: К 135-ЛЕТИЮ СО ДНЯ РОЖДЕНИЯ Н.И. ВАВИЛОВА

ТЕЗИСЫ ДОКЛАДОВ

г. Санкт-Петербург, 21–25 ноября 2022 г.

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
Федеральный исследовательский центр Всероссийский институт генетических ресурсов
растений имени Н.И. Вавилова (ВИР)

**V ВАВИЛОВСКАЯ
МЕЖДУНАРОДНАЯ КОНФЕРЕНЦИЯ:
К 135-ЛЕТИЮ СО ДНЯ РОЖДЕНИЯ Н.И. ВАВИЛОВА**

г. Санкт-Петербург, 21–25 ноября 2022 г.

Тезисы докладов

Санкт-Петербург, 2022



УДК 575:58:577.21:631.52:631/635:001.891(063)

ББК 28.54я431 + 41.310я431

П99

- П99 **V Вавиловская международная конференция : к 135-летию со дня рождения Н.И. Вавилова**, г. Санкт-Петербург, 21–25 ноября 2022 г. : тезисы докладов : научное электронное издание / под общей редакцией Е. К. Хлесткиной, Ю. В. Ухатовой, Е. А. Соколовой ; Федеральный исследовательский центр Всероссийский институт генетических ресурсов растений им. Н.И. Вавилова. – Санкт-Петербург : ВИР, 2022. – 505, [1] с. : табл., ил.

ISBN 978-5-907145-90-0

Представлены программа и тезисы «V Вавиловской международной конференции: к 135-летию со дня рождения Н.И. Вавилова», которая проходила в г. Санкт-Петербурге 21–25 ноября 2022 г. совместно с V Международной научной конференцией «Генетика и биотехнология XXI века: проблемы, достижения, перспективы» (Институт генетики и цитологии НАН Беларуси) и Санкт-Петербургским Научным Центром РАН (далее – Мероприятие/Конференция).

25 ноября 2022 г. исполнилось 135 лет со дня рождения выдающегося ученого – ботаника, генетика, географа, растениевода, основателя мировой коллекции культурных растений, директора ВИР (1920–1940), главного редактора и идейного лидера журнала «Труды по прикладной ботанике, генетике и селекции» – академика Николая Ивановича Вавилова.

На Конференции обсуждались вопросы дальнейшей деятельности и были представлены первые итоги формирования на базе ВИР Национального центра генетических ресурсов растений, в соответствии с Указами от 8 февраля 2022 г. о создании Национального центра генетических ресурсов растений и Межведомственной комиссии, координирующей его работу. Направления работы Конференции включали вопросы генетических ресурсов растений: сохранение, изучение, использование.

В рамках мероприятия работали конференции: «Генетические ресурсы растений: сохранение, изучение, использование», молодежная конференция «Поколение F3 – к 135-летию со дня рождения Н.И. Вавилова», «100 лет научному обеспечению эффективного использования генетических ресурсов бобовых в России», были проведены круглые столы: «Соратники и последователи Н.И. Вавилова – в регионах России», «Сорные растения: актуальные вопросы изучения разнообразия, происхождения, эволюции», «Тритикале – культура будущего: к 85-летию Уллубия Киштилиевича Куркиева», «Рожь: вчера, сегодня, завтра (генетика, селекция, разнообразие и т.п.) – памяти почетного профессора ВИР Владимира Дмитриевича Кобылянского».

Для широкого круга специалистов в сфере работ с биоресурсными коллекциями, в том числе студентов, аспирантов и молодых ученых в возрасте до 39 лет.

Тезисы публикуются в авторской редакции. За объективность и достоверность представленных данных ответственность несут авторы (соавторы) публикуемых тезисов.

Web-сайт Конференции: <https://www.vir.nw.ru/blog/2022/08/12/v-vavilovskaya-mezhdunarodnaya-konferentsiya-21-25-11-2022/>

УДК 575:58:577.21:631.52:631/635:001.891(063)

ББК 28.54я431 + 41.310я431

ISBN 978-5-907145-90-0

DOI 10.30901/978-5-907145-90-0

© Федеральный исследовательский центр
Всероссийский институт генетических
ресурсов растений имени Н.И. Вавилова
(ВИР), 2022

© Авторы статей, 2022

Ministry of Science and Higher Education of the Russian Federation

Federal Research Center
the N.I. Vavilov All-Russian Institute of Plant Genetic Resources (VIR)

V INTERNATIONAL VAVILOV CONFERENCE:

CELEBRATING N.I. VAVILOV'S 135TH BIRTHDAY

St. Petersburg, November 21–25, 2022

Abstracts

St. Petersburg, 2022



UDC 575:58:577.21:631.52:631/635:001.891(063)

V International Vavilov Conference : celebrating N.I. Vavilov's 135th birthday, St. Petersburg, November 21–25, 2022 : Abstracts : scientific online edition / E. K. Khlestkina, Yu. V. Ukhatova, E. A. Sokolova (eds) ; N.I. Vavilov All-Russian Institute of Plant Genetic Resources. – St. Petersburg : VIR, 2022. – 505, [1] p. : tab., ill.

ISBN 978-5-907145-90-0

This publication presents the program and abstracts of the V International Vavilov Conference: dedicated to N.I. Vavilov's 135th birthday, held in St. Petersburg on November 21–25, 2022 jointly with the V International Scientific Conference *Genetics and Biotechnology of the 21st Century: Problems, Achievements and Prospects* (Institute of Genetics and Cytology of the National Academy of Sciences of Belarus) and St. Petersburg Scientific Center of the Russian Academy of Sciences (hereinafter referred to as the Event/Conference).

November 25, 2022 marks the 135th birthday of Academician Nikolai Ivanovich Vavilov, an outstanding scientist, botanist, geneticist, geographer, plant expert, founder of the global collection of cultivated plants, director of VIR (1920–1940), editor-in-chief and inspirer of the journal *Proceedings on Applied Botany, Genetics and Breeding*.

The Conference discussed further activities and presented the first results of the formation of the National Center for Plant Genetic Resources on the basis of VIR, in accordance with the Decrees of February 8, 2022 on the establishment of the National Center for Plant Genetic Resources and the Interdepartmental Commission coordinating its work. The Conference's tasks included the issues of plant genetic resources: conservation, study and utilization.

The event included the Conference *Plant Genetic Resources: Conservation, Studying and Utilization*, the Youth Conference *The F3 Generation: Commemorating the 135th Birthday of Nikolay Vavilov*, the Conference *100 Years of Scientific Support for the Effective Use of Legume Genetic Resources in Russia*, and the round tables: *Companions and Followers of N.I. Vavilov – in the Regions of Russia*; *Weedy Plants: Urgent Issues in the Study of Their Diversity, Origin and Evolution*; *Triticale: a Crop of the Future (Celebrating the 85th Birthday of Ullubi K. Kurkiev)*; and *Rye: Yesterday, Today and Tomorrow (Genetics, Breeding, Diversity, Etc.) – in Memory of Vladimir D. Kobylansky, Professor Emeritus of VIR*.

Addressed to a wide range of experts in the field of the work with bioresource collections, including students, postgraduate students and young scientists under the age of 39.

Abstracts are published in the authors' original versions. The authors (coauthors) of the published abstracts are responsible for the impartiality and reliability of the data presented.

The Conference's website: <https://www.vir.nw.ru/blog/2022/08/12/v-vavilovskaya-mezhdunarodnaya-konferentsiya-21-25-11-2022/>

UDC 575:58:577.21:631.52:631/635:001.891(063)

ISBN 978-5-907145-90-0

DOI 10.30901/978-5-907145-90-0

© Federal Research Center
the N.I. Vavilov All-Russian Institute
of Plant Genetic Resources (VIR), 2022
© Authors of articles, 2022

ОГЛАВЛЕНИЕ

КОНФЕРЕНЦИЯ «ГЕНЕТИЧЕСКИЕ РЕСУРСЫ РАСТЕНИЙ: СОХРАНЕНИЕ, ИЗУЧЕНИЕ, ИСПОЛЬЗОВАНИЕ».....	26
<i>Кабышев С.В.</i> Приветственное обращение к участникам конференции.....	27
ПЛЕНАРНОЕ ЗАСЕДАНИЕ.....	28
<i>Афанасенко О.С., Хютти А.В., Лашина Н.М., Мироненко Н.В., Кырова Е.И.</i> Оценка толерантности современных сортов картофеля к различным штаммам вируса веретеновидности клубней.....	29
<i>Баталова Г.А., Лисицын Е.М.</i> Учение Н.И. Вавилова в селекции зернофуражных культур.....	31
<i>Гавриленко Т.А., Чухина И.Г., Антонова О.Ю., Крылова Е.А., Шипилина Л.Ю., Оськина Н.А., Костина Л.И.</i> Изучение гербарной коллекции образцов чилийских видов картофеля с использованием молекулярно-генетических методов.....	33
<i>Гончаров Н.П.</i> «Страна для философии земледелия замечательная...»: к 95-летию абиссинской экспедиции Н.И. Вавилова	35
<i>Давоян Р.О., Бебякина И.В., Давоян Э.Р., Зубанова Ю.С., Болдаков Д.М., Зинченко А.С., Беспалова Л.А.</i> Синтетическая форма <i>Triticum miguschovae</i> Zhir. как источник генетического разнообразия мягкой пшеницы.....	37
<i>Еремин Г.В., Еремин В.Г.</i> Изучение генофонда рода <i>Prunus</i> L. в генетической коллекции Крымской ОСС и его использование в селекции косточковых плодовых культур.....	38
<i>Лоскутов И.Г.</i> Использование вавиловских подходов к филогении и эволюции рода <i>Avena</i> L.	40
<i>Новикова Л.Ю., Зувев Е.В.</i> Модельный подход к оптимизации сортимента яровой пшеницы в условиях возрастания частоты засух.....	43
<i>Привалов Ф.И., Матыс И.С., Лавникивич А.С.</i> Генетические ресурсы растений Республики Беларусь и их роль в селекции.....	45
<i>Радченко Е.Е.</i> Генетическое разнообразие возделываемых растений по устойчивости к тлям.....	47
<i>Слепцов Т.С., Тананаев Н.И., Попова А.С.</i> Влияние климатических изменений на условия растениеводства и агроклиматические характеристики в Центральной Якутии.....	49
<i>Уразалиев Р.А.</i> Вклад академика Вавилова в развитие селекции растений Казахстана.....	50
СЕКЦИЯ. ГЕНЕТИЧЕСКИЕ РЕСУРСЫ ЗЕРНОВЫХ И КРУПЯНЫХ КУЛЬТУР...	52
<i>Аллубеси М., Блинков А.О., Рубец В.С., Дивашук М.Г.</i> Клональное микроразмножение стерильных пшенично- ржаных гибридов.....	53
<i>Алпатьева Н.В., Радченко Е.Е., Анисимова И.Н.</i> Наследование кодоминантных SSR-маркеров, сцепленных с генами восстановления фертильности пыльцы <i>Rf1</i> , <i>Rf2</i> , <i>Rf5</i> и <i>Rf6</i> во втором поколении гибридов сорго низкорослое 81С × 929-3.....	54
<i>Ахмедов М.А., Ляпунова О.А.</i> Селекционная ценность линий твердой пшеницы (<i>Triticum durum</i> Desf.) с генами гибридной карликовости <i>D₂</i> и <i>D₃</i>	56
<i>Базюк Д.А., Боме Н.А., Тетянников Н.В., Мишечкина В.С., Шмидт Э.С.</i> Реакция индуцированных мутантов <i>Hordeum vulgare</i> L. на факторы окружающей среды по изменению содержания хлорофилла в листьях и высоты растений.....	58
<i>Бойко Н.И., Апарина В.А., Морозова Е.В., Потешкина А.А., Пискарев В.В.</i> Изучение нового селекционного материала пшеницы мягкой яровой с чужеродными генами устойчивости к листовая ржавчине пшеницы.....	59
<i>Болдаков Д.М., Давоян Э.Р., Давоян Р.О., Зубанова Ю.С., Бибишев В.А.</i> Изучение интрогрессивных линий мягкой пшеницы с генетическим материалом <i>Aegilops speltoides</i> по устойчивости к стеблевой ржавчине.....	61
<i>Васюкевич С.В., Пыко Т.Ю., Игнатьева Е.Ю., Пяткова О.В.</i> Изучение коллекций овса ВИР в Сибири.....	62
<i>Гнутиков А.А., Носов Н.Н., Лоскутов И.Г., Родионов А.В.</i> Исследование происхождения полиплоидных злаков с использованием генетической коллекции культурных и дикорастущих ГРР ВИР и гербарных коллекций БИН РАН.....	64
<i>Евсеев В.В.</i> Высокоадаптивные сортообразцы мягкой яровой пшеницы к обыкновенной корневой гнили злаков.....	65

Зуев Е.В., Митрофанова О.П., Ляпунова О.А., Брыкова А.Н., Лысенко Н.С. Роль академика Н.И. Вавилова в формировании в отделе генетических ресурсов пшеницы ВИР коллекции местных пшениц.....	67
Искаков А.Р., Кожасхметов К.К., Бастаубаева Ш.О. Использование отдаленной гибридизации в селекции зерновых культур.....	69
Исмагилов К.Р., Каримов И.К. Реакция сортов яровой мягкой пшеницы разных групп спелости на засуху в Предуральской степи Башкортостана.....	71
Коробкова В.А., Архипов А.В., Воропаева А.Д., Яновский А.С., Ульянов Д.С., Дивашук М.Г. Перспективы использования KASP-маркера для определения аллельного состояния гена <i>Zds</i> у твердой пшеницы.....	73
Кочешкова А.А., Баженов М.С., Черноок А.Г., Дивашук М.Г. Вклад генов короткостебельности (<i>Rht</i>), чувствительности к фотопериоду (<i>Ppd</i>) и глутаминсинтетазы (<i>GS2</i>) в урожайность мягкой пшеницы.....	74
Кукоева Т.В., Глаголева А.Ю., Шоева О.Ю., Хлесткина Е.К. Сравнительная характеристика изогенных линий ячменя по содержанию антоцианов в зерновке и структуре урожая.....	75
Кулемина Т.В., Сотникова О.М., Матвиенко И.И. Перспектива работы с культурами проса и чумизы на кормовые цели в Ленинградской области.....	76
Лашина Н.М., Афанасенко О.С., Ковалева О.Н. Устойчивость образцов ячменя из восточноазиатского центра разнообразия культуры к двум формам возбудителя сетчатой пятнистости.....	77
Лукина К.А., Ковалева О.Н. Устойчивость к полеганию короткостебельных образцов ячменя.....	79
Ляпунова О.А. История макарон.....	81
Менищикова А.А., Мамаева В.С., Еремин Д.И. Устойчивость сортов овса отечественной селекции к хлоридному и сульфатному засолению на ранних этапах онтогенеза.....	83
Назарова Л.А. Изучение эффектов генов <i>Rht-17</i> и <i>Ppd-D1</i> у яровой мягкой пшеницы.....	85
Никитина Е.А., Ширнин С.Ю., Крупин П.Ю., Карлов Г.И., Дивашук М.Г. Прогнозирование работоспособности KASP-маркеров с использованием биоинформатических подходов.....	86
Николаев П.Н., Юсова О.А. Генетическое разнообразие исходного материала ярового ячменя как вклад в селекцию новых сортов.....	87
Пендинен Г.И., Чернов В.Е. Получение интрогрессивных линий культурного ячменя на основе межвидовых гибридов <i>Hordeum vulgare</i> L. × <i>Hordeum bulbosum</i> L.	89
Пискарев В.В., Бойко Н.И., Зуев Е.В., Тимофеев А.А., Апарина В.А. Коллекционные образцы пшеницы мягкой яровой как источник агрономически ценных признаков для селекции.....	92
Попов А.И., Зеленков В.Н., Марков М.В. Направленное воздействие на растения – эффективный агробиотехнологический путь повышения и стабилизации урожайности сельскохозяйственных культур.....	94
Прядильщикова Е.Н., Вахрушева В.В., Чернышева О.О. Экологический потенциал пастбищных агрофитоценозов на основе фестулолиума в условиях Европейского Севера РФ.....	96
Пыко Т.Ю., Васюкевич С.В., Игнатьева Е.Ю. Результаты селекции овса на продуктивность и качество зерна.....	98
Пюккенен В.П., Пендинен Г.И., Митрофанова О.П. Новые линии озимой мягкой пшеницы от межродовых гибридов.....	100
Романова Е.С., Давыдова Н.В. Исходный материал для селекции яровой мягкой пшеницы на урожайность и устойчивость к стрессовым факторам внешней среды в условиях Центрального Нечерноземья.....	102
Сандухадзе Б.И., Мамедов Р.З., Крахмалёва М.С., Бугрова В.В. Применение метода прерывающихся беккроссов в селекции озимой мягкой пшеницы.....	104
Сариев Б.С., Искаков А.Р., Баймуратов А.Ж. Селекционно-биотехнологические исследования ячменя в КазНИИЗиР.....	106
Сидоров А.В., Тырышкин Л.Г. Наследование признака «меньшая поражаемость болезнями проростков пшеницы в результате обработки раствором смеси солей азота и фосфора».....	108

Скаженник М.А., Гаркуша С.В., Ковалев В.С., Чижиков В.Н., Петрушин А.Ф., Пишеницына Т.С. Мониторинг состояния посевов риса на основе геоинформационных систем.....	110
Суслов В.В. Закон гомологических рядов (ЗГР) Н.И.Вавилова как синтез.....	111
Суслов В.В., Веришин В.Л. Закон гомологических рядов (ЗГР) Н.И. Вавилова и ряды Н.П. Кренке.....	113
Тоболова Г.В. Устойчивость сортообразцов тетраплоидного вида <i>Triticum carthlicum</i> Nevski (<i>T. persicum</i> Vav.) к бурой и стеблевой ржавчине.....	115
Тырышкин Л.Г., Звейнек И.А. Характеристика образцов культурного ячменя по эффективной устойчивости к грибным листовым болезням.....	117
Филоштин М.А., Кочиева Е.З., Щенникова А.В. Характеристика нового гена подсемейства DREB2 у кукурузы (<i>Zea mays</i> L.) и профиль его экспрессии в ответ на абиотические стрессы.....	119
Фридман В.С., Суслов В.В. Эволюция при урбанизации «диких» видов птиц как пример реализации закона гомологических рядов (ЗГР) Н.И.Вавилова и синтеза на его основе.....	120
Юркина А.И., Крупин П.Ю., Соколова В.М., Ульянов Д.С., Дивацук М.Г. Цитогенетическая характеристика <i>Hinopyrum bessarabicum</i>	123
Юрченко С.А., Коротенко Т.Л. Генетические ресурсы вида <i>Oryza sativa</i> L. для ведения селекции на адаптивность к абиотическим стрессорам.....	124
СЕКЦИЯ. ГЕНЕТИЧЕСКИЕ РЕСУРСЫ КАРТОФЕЛЯ И КЛУБНЕПЛОДНЫХ.....	126
Булдаков С.А. Опыт использования ТУРа для поддержания коллекции картофеля в культуре <i>in vitro</i>	127
Ефремова О.С., Волкова Н.Н., Лисицына О.В., Рыбаков Д.А., Озерский П.В., Гавриленко Т.А. Сохранение образцов картофеля в криоколлекции ВИР.....	129
Зотеева Н.М., Хютти А.В., Афанасенко О.С., Евдокимова З.З., Гавриленко Т.А. Устойчивость листьев и клубней к <i>Phytophthora infestans</i> у клонов картофеля, несущих ген <i>RB/RPI-BLB1</i>	130
Иващенко А.Д., Шерстюкова Т.П., Хасбиуллина О.И. Оценка коллекционных сортов и межвидовых гибридов картофеля по основным хозяйственно ценным признакам в условиях Камчатского края.....	132
Клименко Н.С., Хютти А.В., Афанасенко О.С., Антонова О.Ю., Оськина Н.А., Гавриленко Т.А. Молекулярный скрининг отечественных сортов картофеля с маркерами генов, контролирующих устойчивость к патотипам PA2, PA3 <i>Globodera pallida</i> (Wollenweber) Behrens.....	134
Костина Л.И., Чалая Н.А., Косарева О.С. Роль диких и культурных видов картофеля в достижениях мировой селекции.....	136
Кулакова А.В., Щенникова А.В., Кочиева Е.З. Анализ изменения экспрессии генов деградации крахмала при длительном низкотемпературном хранении клубней картофеля.....	138
Лебедева Н.В., Соловьева А.Е., Любченко А.В., Дубенская Г.И., Минеев А.Л. Состав биологически активных веществ топинамбура (<i>Helianthus tuberosus</i> L., Asteraceae).....	140
Марданишин И.С. Совершенствование методики селекции картофеля на устойчивость к колорадскому жуку (<i>Leptinotarsa decemlineata</i> Say).....	142
Нежданова А.В., Камионская А.М., Щенникова А.В., Кочиева Е.З. Влияние редактированной плазмидной крахмалфосфорилазы PNO1a на развитие и стрессовый ответ растений картофеля.....	144
Окашева Н.А., Стрельцова Т.А., Rogozina Е.В. Изучение клонов межвидовых гибридов картофеля ВИР как биологического ресурса селекционного значения при возделывании в суровых условиях Горного Алтая.....	145
Оськина Н.А., Травина С.Н., Гавриленко Т.А. Молекулярный скрининг образцов <i>Solanum andigenum</i> Juz. et Buk. с маркерами генов устойчивости к цистообразующим картофельным нематодам.....	147
Рогозина Е.В. Генетические ресурсы картофеля в коллекции ВИР: изучение и использование в селекции.....	149
Русецкий Н.В., Шутинская И.А., Козлов В.А. Изучение образцов диких видов картофеля на устойчивость к вирусам S и M с использованием искусственного заражения и ПЦР-маркирования.....	151

Сакара Н.А., Тарасова Т.С., Михеев Ю.Г., Ознобихин В.И. Особенности селекции картофеля на Приморской овощной опытной станции – филиала ФГБНУ ФНЦО.....	153
Ситников М.Н., Поварницин А.Н. Оценка влияния предпосадочной обработки клубней картофеля растворами аминокислот.....	155
Соловьева А.Е., Горлова Л.М., Удовичкий А.С., Rogozina Е.В. Содержание и компонентный состав антоцианов в клубнях картофеля.....	157
Чалая Н.А., Гурина А.А., Заварихина Е.А., Поварницин А.Н., Ситников М.Н. Новые российские сорта картофеля перспективные для возделывания в Северо-Западном регионе Российской Федерации.....	159
Чашинский А.В., Rogozina Е.В., Козлов В.А., Баишко Д.В. Изучение межвидовых гибридов картофеля, селекции Отдела генетических ресурсов картофеля ВИР в условиях Республики Беларусь.....	161
СЕКЦИЯ. ГЕНЕТИЧЕСКИЕ РЕСУРСЫ ОВОЩНЫХ И БАХЧЕВЫХ КУЛЬТУР...	163
Андреева М.П., Гулин А.В., Кигаишаева О.П., Муканов М.В. Генетические и агробιοтехнологии в Астраханской селекции овощных культур.....	164
Анисимова О.К., Филюшин М.А. Идентификация, характеристика и анализ экспрессии генов семейств PR1-5 в геноме чеснока (<i>Allium sativum</i>), их роль в ответе на заражение <i>Fusarium proliferatum</i>	166
Бабак О.Г., Некрашевич Н.А., Анисимова Н.В., Яцевич К.К., Дрозд Е.В., Кильчевский А.В. Гомология изменчивости генов как основа методов молекулярного маркирования признаков у овощных пасленовых культур.....	168
Володина Е.А., Кулакова Ю.Ю., Добровольская О.Б. Паслен каролинский (<i>Solanum carolinense</i> L.): особенности функциональной анатомии листа и хлоропластного генома.....	170
Володина С.А., Гулин А.В., Кигаишаева О.П., Лаврова Л.П., Джабраилова В.Ю. Сохранение и использование генетического разнообразия культуры томата для обеспечения продовольственной безопасности страны.....	171
Игумнова М.М. Изучение устойчивости коллекции салата <i>Lactuca</i> L. к серой гнили (<i>Botrytis cinerea</i>) в условиях Ленинградской области.....	173
Каракаджиев А.С., Кигаишаева О.П., Гулин А.В., Муканов М.В. Коллекция генетического разнообразия <i>Capsicum annuum</i> L. и ее использование в создании новых сортов перца сладкого.....	175
Лапина Н.В. Исходный материал для создания сортов капусты белокочанной для муссонного климата юга Приморского края.....	177
Михеев Ю.Г., Сакара Н.А. Исходный материал при селекции корнеплодов в условиях Дальнего Востока.....	178
Романов В.С., Романов О.В., Пивоваров В.Ф., Солдатенко А.В. Межвидовая гибридизация – метод увеличения биоразнообразия луковых культур.....	180
Русаков Д.В., Егорова К.В., Синявина Н.Г., Чесноков Ю.В. Оценка фотохимической активности фотосистемы II в листьях <i>Brassica rapa</i> L. при выращивании в условиях РАЭС.....	182
Сарикян К.М., Симонян Р.К., Варданян В.А. Результаты исследования сладких перцев разной окраски в Армении.....	184
Середин Т.М., Шумилина В.В., Марчева М.М., Агафонов А.Ф., Молчанова А.В. Характеристика генетических ресурсов луковых растений по основным хозяйственно полезным признакам и биохимическим показателям в условиях Нечерноземной зоны России.....	186
Синиченко Н.А., Кузьмицкая Г.А. Результаты экологического испытания сортов томата в различных почвенно-климатических условиях.....	188
Трифопова А.А., Борис К.В., Дедова Л.В., Кудрявцев А.М. Использование микросателлитных маркеров для оценки генетического разнообразия линий сахарной свеклы.....	189
Филюшин М.А. Идентификация и характеристика генов подсемейств DREB1 и DREB2 в геноме чеснока (<i>Allium sativum</i> L.) и их роль в ответе на холодовой стресс.....	191

СЕКЦИЯ. ГЕНЕТИЧЕСКИЕ РЕСУРСЫ МАСЛИЧНЫХ И ПРЯДИЛЬНЫХ КУЛЬТУР	192
<i>Анисимова И.Н., Алпатьева Н.В., Кузнецова Е.Б., Гаврилова В.А.</i> Генетическое разнообразие карликовых линий подсолнечника (<i>Helianthus annuus</i> L.) коллекции ВИР...	193
<i>Брач Н.Б., Слободкина А.А., Павлов А.В., Пороховинова Е.А.</i> 100 лет коллекции льна ВИР	195
<i>Горлова Л.А., Сердюк В.В., Голова А.А.</i> Методы создания рапса озимого с высоким содержанием олеиновой кислоты Ω -9 в масле семян	197
<i>Григорьев С.В., Илларионова К.В., Шеленга Т.В.</i> Исследование фитостеролов семян конопли <i>Cannabis</i> spp. у образцов коллекции ВИР	199
<i>Королев К.П., Боме Н.А.</i> Генотип-средовые взаимодействия коллекционных сортов <i>Linum ussitatissimum</i> L. в условиях подтайги низменности Тюменской области	201
<i>Кузнецова Г.Н., Полякова Р.С.</i> Масличные культуры в Западной Сибири	202
<i>Павлов А.В., Брач Н.Б., Пороховинова Е.А.</i> Определение качества волокна по малым пробам с использованием универсальной разрывной машины Instron 5943	205
<i>Пороховинова Е.А., Павлов А.В., Брач Н.Б., Слободкина А.А., Шеленга Т.В.</i> Метаболомный анализ муки из семян линий генетической коллекции льна	207
<i>Рязанова М.К., Воронова О.Н., Гаврилова В.А., Алпатьева Н.В., Анисимова И.Н.</i> Особенности проявления признака фертильности пыльцы у растений F ₂ и F ₃ межлинейного гибрида подсолнечника (<i>Helianthus annuus</i> L.)	210
<i>Чернышева О.О., Вахрушева В.В., Прядильщикова Е.Н.</i> Влияние удобрений и биопрепарата на урожайность зеленой массы ярового рапса в условиях Европейского Севера РФ	212
<i>Конькова Н.Г., Сафина Г.Ф., Дубовская А.Г., Вержук В.Г., Радчиков З.В., Широкова В.С., Соловьева А.Е.</i> Влияние сверхнизких температур на всхожесть семян масличных культур и биохимический состав листьев	213
СЕКЦИЯ. ГЕНЕТИЧЕСКИЕ РЕСУРСЫ ПЛОДОВЫХ КУЛЬТУР	214
<i>Борис К.В., Дубровский М.Л., Шамишин И.Н., Трифонова А.А.</i> Генетическое разнообразие клоновых подвоев яблони из коллекции ФГБОУ ВО Мичуринский ГАУ по данным SSR-анализа	215
<i>Васильева М.В.</i> Род <i>Raeonia</i> L. в коллекции ВИР	217
<i>Вержук В.Г., Еремин В.Г., Гасанова Т.А., Еремина О.В., Новикова Л.Ю., Путин О.В., Филипенко Г.И., Ситников М.Н., Павлов А.В.</i> Криоконсервирование в парах жидкого азота и жизнеспособность почек персика обыкновенного (<i>Persica vulgaris</i> Mill.) из генетической коллекции ВИР	219
<i>Галашева А.М., Седов Е.Н., Красова Н.Г., Лупин М.В., Цой М.Ф.</i> Биоресурсная коллекция яблони ФГБНУ ВНИИСПК	221
<i>Дунаева С.Е., Тихонова О.А., Орлова С.Ю., Гавриленко Т.А.</i> <i>In vitro</i> коллекция ягодных и плодовых культур умеренного климата в структуре Генбанка ВИР	223
<i>Зыкова В.К., Рогатенюк Л.А.</i> Разнообразие морфологических признаков <i>Tulipa suaveolens</i> Roth. в крымских популяциях в связи с перспективами использования в селекционной работе	225
<i>Калембет И.Н., Серая Л.Г., Голибдовская С.А., Петровнина Т.А., Бондарева Е.В.</i> К вопросу повышения устойчивости к фитопатогенам декоративных и лекарственных растений из биоресурсной коллекции	227
<i>Клименко З.К., Плугатарь С.А., Зыкова В.К.</i> Использование генетических ресурсов коллекции Никитского ботанического сада в селекции садовых роз	229
<i>Королева Е.В.</i> Разработка критериев оценки сортов на отличимость, однородность и стабильность на основе генетической коллекции представителей рода <i>Clarkia</i> Pursh	231
<i>Кулешов А.С.</i> Особенности роста и развития редких таксонов рода <i>Citrus</i> в условиях влажных субтропиков России	233
<i>Павлова И.А.</i> Вегетирующая коллекция растений – один из способов сохранения генетических ресурсов винограда в системе <i>in vitro</i>	235

Панфилова О.В., Кахраманоглу И. Создание и использование хозяйственно ценных генотипов смородины красной генетической коллекции ВНИИСПК для совершенствования сортимента и интродукции в разные эколого-географические зоны.....	237
Попова А.С., Таловина Г.В., Ситников М.Н., Шелоховская Л.В., Максимова У.В., Кутукова А.С., Ноговицына П.А., Слепцов Т.С., Амбросова Ю.Г., Пикула К.С. Изучение диких родичей культурных растений Национального парка «Ленские Столбы» и локальной флоры в Хангаласском улусе Центральной Якутии.....	239
Разумова О.В., Ульянов Д.С., Боне К.Д., Дивашиук М.Г. Секвенирование геномов показало различия в составе повторяющихся последовательностей ДНК шефердии серебристой и ее родственника – облепихи крушиновидной.....	240
Слепнева Т.Н. Результаты и приоритетные направления в селекции плодовых и ягодных культур на Среднем Урале.....	242
Слепченко К.В. Генетическое разнообразие рода <i>Iris</i> L. в коллекции ФИЦ СНИЦ РАН.....	243
Супрун И.И., Степанов И.В., Токмаков С.В., Балапанов И.М., Лободина Е.В., Аль-Накиб Е.А. Изучение генетического разнообразия ореха грецкого на юге России на основе молекулярно-генетических методов и фенотипической характеристики.....	245
Таловина Г.В., Попова А.С., Кутукова А.С., Ноговицына П.А., Слепцов Т.С., Васильева И.В., Пикула К.С. Распространение дикорастущей смородины на территории Якутии.....	247
Шамшин И.Н., Дубровский М.Л., Борис К.В. Идентификация генов устойчивости к мучнистой росе у клоновых подвоев яблони с использованием молекулярных маркеров.....	249
Ульяновская Е.В., Чернуцкая Е.А., Балапанов И.М., Токмаков С.В. Генетические ресурсы рода <i>Malus</i> Mill. – основа селекционного улучшения южного сортимента яблони.....	250
Ярцева М.А. Селекционная работа на коллекциях ягодных культур ПОС ВИР: прошлое, настоящее, будущее.....	252

МОЛОДЕЖНАЯ КОНФЕРЕНЦИЯ «ПОКОЛЕНИЕ F3 – К 135-ЛЕТИЮ СО ДНЯ РОЖДЕНИЯ Н.И. ВАВИЛОВА».....

Абдуллаев Р.А., Акимов Д.Е., Радченко Е.Е. Устойчивость образцов местного ячменя из Китая к обыкновенной злаковой тле.....	254
Абдуллаев Р.А., Звейнек И.А., Алпатьева Н.В., Радченко Е.Е. Разнообразие образцов ячменя из Японии по фотопериодической чувствительности.....	255
Агаханов М.М., Ухатова Ю.В. Результаты изучения гибридных популяций винограда.....	256
Барabanов И.В., Рахмангулов Р.С. Львиный зев – модельное растение в селекции декоративных культур.....	257
Бумагина А.Е., Ерастенкова М.В., Ухатова Ю.В. Оценка эффективности микроразмножения образцов винограда из коллекции ВИР.....	258
Васинов В.В., Куцев Д.С., Ульянов А.В., Хатеев Э.Б. Создание инбредных линий многопочатковой кукурузы с синхронным цветением початков.....	259
Гильванов А.Ш., Киселева А.С., Усова А.А., Галиханова Л.З., Хуснетдинова У.А. Культивирование родиолы розовой (<i>Rhodiola rosea</i> L.) <i>in vitro</i>	260
Гофман А.В. Выявление эффективных маркеров для определения гена, детерминирующего устойчивость к <i>Pyrenophora teres</i> f. <i>teres</i> qPTT _{CLS} на хромосоме 3Н... ..	261
Гурина А.А., Заварихина Е.А., Rogozina E.B. Анализ вариативности потомства от внутривидовых скрещиваний примитивных культурных видов картофеля по динамике поражения фитофторозом.....	263
Давыдова Н.В., Казаченко А.О., Широколава А.В., Резепкин А.М., Нардид В.А., Шарошкина Е.Е., Романова Е.С., Чесноков Ю.В., Мирская Г.В. Особенности исходного материала для создания новых сортов яровой пшеницы.....	265
Дербенева Д.Е., Каракулева М.В., Ляпун Д.В., Федяшина М.И., Яценко Д.В., Рыбаков Д.А., Беренсен Ф.А. Upgrade кабачка: версия РМ-0.....	267
Егорова К.В., Дубовицкая В.И., Кочерина Н.В., Синявина Н.Г., Хомяков Ю.В., Чесноков Ю.В. QTL-анализ содержания микроэлементов в картирующих популяциях <i>Brassica rapa</i> L., выращенных в регулируемых условиях светокультуры.....	269
	271

Зайцева И.Ю., Щенникова И.Н. Селекционная ценность мирового генофонда <i>Hordeum vulgare</i> в условиях Волго-Вятского региона.....	273
Иванов А.А., Голубева Т.С. Разработка модельной системы сайленсинга генов для <i>Solanum tuberosum</i>	275
Ихнова В.Н., Чухина И.Г. <i>Triticum boeoticum</i> Boiss. из Крыма в гербарной коллекции ВИР (WIR).....	276
Камнев А.М., Антонова О.Ю. ISAP-метод для изучения генетического разнообразия малины.....	278
Киселева А.А., Бережная А.А., Стасюк А.И., Тимонова Е.М., Коложвари А.Э., Леонова И.Н., Салина Е.А. Изучение генетических механизмов, участвующих в формировании продолжительности межфазных периодов мягкой пшеницы.....	280
Коваленко Т.В., Хлесткина Е.К., Тихонова Н.Г., Ухатова Ю.В. Создание и проверка эффективности конструкции для нокаута гена <i>MLO7</i> на основе системы CRISRP/Cas у отечественных сортов винограда.....	282
Коршикова Е.С., Сеферова И.В., Матвиенко И.И., Щедрина З.А., Ухатова Ю.В. Зависимость значений коэффициента фотопериодической чувствительности (КФПЧ) сои от погодно-климатических условий на Северо-Западе Российской Федерации.....	283
Кочнева Д.А., Любимова А.В., Еремин Д.И. Формирование элементов урожайности овса отечественной селекции при контрастных погодных условиях.....	285
Кузьмина Ю.И. Устьица и минеральные включения листовых пластин культурных видов овса (<i>Avena</i> L.).....	287
Мамаева В.С., Еремин Д.И., Моисеева М.Н. Продуктивность овса тюменской селекции при контрастных погодных условиях в лесостепи с применением возрастающих доз минеральных удобрений.....	288
Михайлова А.С., Соколова Д.В., Попов В.С., Кащенко Г.А., Швачко Н.А. Введение свеклы столовой в культуру <i>in vitro</i>	290
Парамоник А.П., Галямова М.Р., Седых С.Е. Всероссийский атлас почвенных микроорганизмов – поиск бактерий, стимулирующих рост растений.....	291
Пащенко О.И. Генетическая коллекция <i>Freesia refracta</i> и ее использование в селекционных исследованиях ФИЦ СНИЦ РАН.....	293
Поротников И.В., Пюккенен В.П., Антонова О.Ю., Митрофанова О.П. Разнообразие гаплотипов по тесно сцепленным с геном <i>SKr</i> локусам у мягкой пшеницы различного географического происхождения и уровня скрещиваемости с рожью.....	295
Розанова И.В., Лоскутов И.Г., Швачко Н.А. Поиск ДНК-маркеров, ассоциированных с хозяйственно ценными признаками ячменя коллекции ВИР.....	297
Рыбаков Д.А., Антонова О.Ю., Гавриленко Т.А. Молекулярный скрининг сортов картофеля из коллекции ВИР на устойчивость к <i>Meloidogyne chitwoodi</i>	299
Сергеенко А.А., Глухова М.А., Даудова Р.И., Капитанова Т.К., Нестеров В.В., Парфенова А.К., Парамоник А.П., Седых С.Е., Смирнова Н.В. Влияние почвенных бактериальных консорциумов на рост и развитие пшеницы.....	301
Слободкина А.А., Кутузова С.Н., Павлов А.В., Брач Н.Б., Матвеева Т.В., Пороховинова Е.А. Филогенетический анализ аллелей генов устойчивости льна (<i>Linum usitatissimum</i> L.) к ржавчине (<i>Melampsora lini</i> (Pers.) Lev.).....	303
Смирнова Н.В., Семилет Т.В., Швачко Н.А. Изучение древнего ячменя XII века с использованием молекулярно-генетических методов.....	305
Соловьева М.В., Кибкало И.А., Швачко Н.А. Изучение качества зерна в Лаборатории технологической оценки ВИР.....	307
Таутекенова А.К., Любимова А.В., Еремин Д.И. Оценка коллекции культурных видов овса на устойчивость к заболеваниям в лесостепи Зауралья.....	309
Тетянников Н.В. Оценка мутантов ячменя в поколении М ₅ , М ₆ по скороспелости, устойчивости к полеганию и урожайности.....	311
Ульянов Д.С., Дивашук М.Г., Ульянова А.А., Литвинов Д.Ю., Кочешкова А.А., Карлов Г.И. PHENOBORD – новый инструмент для обработки данных систем цифрового фенотипирования растений.....	313

Усманова А.Р., Бурляева М.О., Филипенко Г.И. Значение маша [<i>Vigna radiata</i> (L.) Wilczek] как естественного источника питательных веществ.....	314
Хакулова М.Ю., Шوماхов Б.Р., Кушова Р.С., Хаширова З.Т., Гяургиев А.Х., Кудиев Р.А., Хатиев Э.Б. Влияние биотических и абиотических факторов среды на популяции тетраплоидной кукурузы в условиях Кабардино-Балкарии.....	316
Харченко А.А., Соловьева А.Е., Попов В.С., Новикова Л.Ю. Биохимический состав листьев земляники из коллекции ВИР в осенний период.....	318
Хвостова А.Б., Ярцева М.А., Ухатова Ю.В. Введение сортов смородины черной селекции ПОС ВИР в культуру <i>in vitro</i>	320
Хохленко А.А., Ерастенкова М.В., Орлова С.Ю., Ситников М.Н., Вержук В.Г. Адаптивный потенциал пыльцы черемухи (<i>Padus</i> Mill.) к воздействию ультранизких температур.....	322
Чуманова Е.В., Ефремова Т.Т. Получение и изучение линий мягкой пшеницы сорта 'Безостая 1' с комбинацией доминантных аллелей локусов <i>VRN-A1</i> и <i>VRN-B1</i>	324
Шаймарданов Д.Ю., Рахмангулов Р.С. Перспективы селекции роз в России.....	326
Шаймарданова Э.Х., Макарова М.В. Перспективы селекции ежевики.....	328

КОНФЕРЕНЦИЯ «100 ЛЕТ НАУЧНОМУ ОБЕСПЕЧЕНИЮ ЭФФЕКТИВНОГО ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ГЕНЕТИЧЕСКИХ РЕСУРСОВ БОБОВЫХ В РОССИИ».....

Вишнякова М.А. Отдел генетических ресурсов зернобобовых ВИР: вековой опыт работы с коллекцией.....	330
	331

СЕКЦИИ 1–4.....

Александрович В.В., Синявская М.Г., Левданский О.Д., Мишук Е.А., Давыденко О.Г. Генетическая коллекция раннеспелых сортов сои, особенности изменчивости геномов органелл.....	335
Беседин А.Г., Путина О.В. Овощной горох как объект селекционной работы и научных исследований на Крымской ОСС – филиале ВИР.....	336
Булынец С.В., Громенкова И.Г., Губанов А.В. Коллекция рода <i>Trifolium</i> L. в связи с приоритетными направлениями селекции в Российской Федерации.....	338
Буравцева Т.В., Егорова Г.П., Вишнякова М.А. Коллекция фасоли ВИР – от Вавилова до наших дней.....	340
Бурляева М.О. Коллекции маша, адзуки, спаржевой вигны ВИР: эколого-географическое разнообразие и перспективы использования на Дальнем Востоке.....	342
Власова Е.В. Особенности вегетации и формирования семенной продуктивности сортов люпина узколистного с различным типом ветвления в условиях Московской области.....	344
Давлетов Ф.А., Гайнуллина К.П. Исходный материал для селекции гороха на высокую семенную продуктивность в условиях Предуральской степи Республики Башкортостан... ..	346
Дзюбенко Е.А. Создание синтетических сортопопуляций люцерны изменчивой с высокой семенной продуктивностью для условий Северо-Запада России.....	347
Дук О.В., Симонова С.Г., Яковлева М.Ю., Малышев Л.Л. Поиск источников продуктивности и адаптивности ДОННИКА (<i>Melilotus</i> Mill.) из коллекции ВИР в условиях Северо-Запада РФ.....	349
Егги Э.Э., Александрова Т.Г. Сравнительная характеристика сортов вики посевной (<i>Vicia sativa</i> subsp. <i>sativa</i>) по полипептидным спектрам семян.....	351
Енгальцева И.А., Козарь Е.Г., Домблides А.С., Антошкин А.А. Перспективы селекции фасоли овощной (<i>Phaseolus vulgaris</i> L.) на устойчивость к вирусу обыкновенной мозаики фасоли (<i>Potyvirus</i> , <i>Potyvirus</i>) в условиях Московской области.....	353
Жуков В.А., Сулима А.С., Жернаков А.И., Тихонович И.А. Изучение молекулярно-генетических основ бобово-ризобияльного симбиоза с использованием материала из коллекции гороха ВИР.....	356
Казыдуб Н.Г., Кузьмина С.П., Коцюбинская О.А. Результаты использования генетических ресурсов для селекции зернобобовых культур в Омском ГАУ.....	359
Кайгородова И.М., Голубкина Н.А., Ушаков В.А. Изучение устойчивости гороха овощного (<i>Pisum sativum</i> L.) к полеганию.....	360
	362

Крылова Е.А., Хлесткина Е.К. Сравнительный транскриптомный анализ образцов <i>Vigna unguiculata</i> (L.) Walp., отличающихся типом роста стебля в контролируемых условиях....	364
Крюков А.А., Юрков А.П., Горбунова А.О., Кудряшова Т.Р., Ковальчук А.И., Шишова М.Ф. Растительные SWEET-транспортёры в арбускулярно-микоризной симбиосистеме на высоком уровне фосфора.....	366
Кузьмина С.П., Казыдуб Н.Г., Красюков В.С. Использование коллекций генетических ресурсов для селекции нута на продуктивность в условиях южной лесостепи Омской области.....	368
Лоскутов С.И., Пухальский Я.В., Савельев А.И. Перспективы использования автоматизированных гидропонных систем при выращивании микрозелени бобовых культур.....	370
Мальшиева Н.Ю., Шеленга Т.В., Соловьева А.Е., Малышев Л.Л. Разнообразие жизненных форм люцерны хмелевидной (<i>Medicago lupulina</i> L.).....	372
Мамедова С.М., Попов В.С., Соловьева А.Е., Перчук И.Н., Малышев Л.Л., Вишнякова М.А. Взаимосвязь содержания танинов в семенах бобов конских с морфологическими признаками растений.....	374
Матыс И.С., Маркевич И.М., Савенков П.Ю., Жачкина Н.Н. Коллекции люпина в генбанке Беларуси: сохранение и использование.....	376
Нижников А.А. Амилоидные белки растений и бактерий: сходство структуры и разнообразие функций.....	378
Нуяндина А.А., Омелянюк Л.В., Асанов А.М. Изучение селекционного потенциала сои (<i>Glycine max</i> (L.) Merrill) из коллекции ВИР В Омском АНЦ.....	379
Пухальский Я.В., Воробьев Н.И., Лактионов Ю.В., Кожемяков А.П. Генотипический скрининг зернобобовых культур по утойчивости к воздействию тяжелых металлов на основании фрактального профилирования их корневых выделений.....	381
Семенова Е.В., Кравчук Н.Д., Вишнякова М.А. Диагностика засухоустойчивости образцов гороха (<i>Pisum sativum</i> L.) из коллекции ВИР на ранних этапах онтогенеза.....	384
СефEROва И.В. Коллекция сои ВИР – источник исходного материала для селекционного и научного использования.....	386
Смирнова А.М., Антошкин А.А., Ушаков В.А. Оценка коллекционных образцов фасоли овощной (<i>Phaseolus vulgaris</i> L.) как исходного материала для селекции.....	388
Филипенко Г.И., Забегаяева О.Н., Дук О.В., Дзюбенко Е.А., Малышев Л.Л. Оценка твердосемянности донника (<i>Melilotus</i> (L.) Mill.) из коллекции ВИР в зависимости от ряда факторов.....	390
Фотев Ю.В., Ломако И.С., Юнисова Л.Х. Оценка холодостойкости образцов видов рода <i>Vigna</i> Savy по прорастанию пыльцы при низкой температуре <i>in vitro</i>	392
Чувилина В.А. Оценка основных хозяйственно полезных признаков клевера лугового в условиях Сахалина.....	394
Чумакова В.В., Лебедева Н.С., Сухарев С.А. Селекция эспарцета – итоги и перспективы... 396	396
Юрков А.П., Крюков А.А., Пузанский Р.К., Горбунова А.О., Кудряшова Т.Р., Ковальчук А.И., Михайлова Ю.В., Журбенко П.М., Родионов А.В., Шишова М.Ф. Современные технологии в анализе развития эффективной растительно-микробной системы: “ <i>Medicago lupulina</i> с <i>Rhizophagus irregularis</i>	399
Яценко Ю.И. Оценка коллекционных сортообразцов сои как исходного материала для селекции в условиях южной лесостепи Омской области.....	401
КРУГЛЫЙ СТОЛ «СОРНЫЕ РАСТЕНИЯ: АКТУАЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ ИЗУЧЕНИЯ РАЗНООБРАЗИЯ, ПРОИСХОЖДЕНИЯ, ЭВОЛЮЦИИ».....	
Багмет Л.В. Динамика сегетального элемента флоры Саратовской области.....	404
Бочкарев В.Д., Бочкарев Д.В. Флорогенетический анализ адвентивных сорных растений в агрофитоценозах юга Нечерноземной зоны в условиях изменения систем земледелия в XX – начале XXI века.....	406
Бочкарев Д.В., Никольский А.Н., Смолин Н.В., Бочкарев В.Д. Уровень антропогенного воздействия как важнейший фактор динамики сорного компонента агрофитоценоза.....	408
Варганова И.В., Шипилина Л.Ю. Гербарий сорных растений XIX – первой половины XX века в коллекции WIR.....	410

<i>Зеленская О.В., Швыдкая Н.В.</i> Динамика видового состава сорных растений рисовых полей Кубани за последние 100 лет.....	411
<i>Корпанов Р.В.</i> Дистанционное обследование посевов с помощью БПЛА и другие тенденции совершенствования технологии внесения СЗР агродронами.....	414
<i>Ларина Г.Е.</i> Мониторинг сорной растительности в растениеводстве: полевые севообороты и садоводство.....	416
<i>Лесик Е.В., Леусова Н.Ю., Крещенок И.А., Таловина Г.В.</i> Заносные виды <i>Helianthus</i> L. на Дальнем Востоке России.....	418
<i>Лунева Н.Н.</i> Научные подходы и перспективы в гербологических исследованиях.....	420
<i>Николин Е.Г., Адриан И.А., Петровский В.В., Секретарева Н.А., Сытин А.К.</i> Инвазия сорных растений в арктические экосистемы окр. пос. Тикси (Россия, Якутия).....	422
<i>Никольский А.Н., Бочкарев В.Д.</i> Биоценотический состав луговой растительности лесостепи юга Нечерноземной зоны при изменении уровня антропогенной нагрузки.....	423
<i>Передериева В.М., Шутко А.П.</i> Изменение флористического состава сеgetальной растительности в агрофитоценозе озимой пшеницы в зависимости от агрогенного воздействия.....	425
<i>Терехина Т.А., Овчарова Н.В.</i> Динамика адвентивного компонента флоры г. Барнаула за последние 90 лет.....	427
<i>Ткаченко К.Г.</i> Коллекции ботанических садов – источники сорных и/или инвазивных видов с ценными хозяйственно-полезными свойствами.....	429
<i>Тохтарь В.К., Зеленкова В.Н.</i> Использование анализа флористических параметров для создания классификации и прогноза состояния флор агрофитоценозов.....	432
<i>Хасанова Г.Р., Ямалов С.М.</i> Тенденции изменения ценофлоры сеgetальных сообществ Южного Урала за последние 70 лет.....	434
<i>Шипилина Л.Ю., Чухина И.Г.</i> Инвазивные виды растений в Кургальском заказнике.....	437

КРУГЛЫЙ СТОЛ «ТРИТИКАЛЕ – КУЛЬТУРА БУДУЩЕГО:

К 85-ЛЕТИЮ УЛЛУБИЯ КИШТИЛИЕВИЧА КУРКИЕВА».....	438
<i>Блинков А.О., Алкубеси М., Рубец В.С., Козарь Е.В., Фёдорова Т.А., Разумова О.В., Диваишук М.Г.</i> Особенности использования флотирующей культуры пыльников для получения гаплоидов тритикале.....	439
<i>Гаджимагомедова М.Х., Куркиев К.У.</i> Анализ продуктивности и морфобиологических особенностей пшеницы, ржи и тритикале.....	441
<i>Кабашикова Л.Ф., Дубовец Н.И.</i> Особенности пигментного фонда и окислительных процессов у рекомбинантных форм гексаплоидных тритикале.....	442
<i>Ковтуненко В.Я., Панченко В.В., Калмыш А.П.</i> Изучение отечественной и мировой коллекции тритикале в Национальном центре зерна имени П.П. Лукьяненко.....	445
<i>Куркиев У.К., Куркиев К.У.</i> Перспективные источники и доноры селекционно ценных признаков тритикале.....	447
<i>Митрошина О.В., Медведев А.М.</i> Устойчивость озимой тритикале к <i>Fusarium nivale</i> в условиях центра Нечерноземной зоны.....	449
<i>Полховская Е.С., Болотина А.А., Дудников М.В., Киров И.В., Соловьев А.А.</i> В поисках новых генов, отвечающих за развитие зерновки.....	451
<i>Пономарев С.Н., Гараева Н.Ш., Пономарева М.Л., Маннапова Г.С., Гильмуллина Л.Ф., Фомин С.И., Илалова Л.В., Сайфутдинова Д.Д., Иванова И.О., Павлова С.Ю.</i> Кластеризация генетических ресурсов из коллекции ВИР для использования в поволжской селекции озимой тритикале.....	452
<i>Скатова С.Е., Тысленко А.М., Зуев Д.В., Лукин С.М.</i> Достижения и перспективы селекции гексаплоидного тритикале в Верхневолжском федеральном аграрном научном центре.....	454
<i>Черноок А.Г., Панченко В.В.</i> Перспективы использования генов регуляторов факторов роста ScGRF3-2R в селекции тритикале и ржи.....	456
<i>Чикида Н.Н., Пенева Т.И., Шеленга Т.В., Охотникова Т.В., Лаврентьева Н.С., Барсукова Т.Т., Кузнецова Л.И.</i> Оценка новых сортов тритикале по биохимическим показателям зерна и хлебопекарным свойствам цельнозерновой муки.....	458

КРУГЛЫЙ СТОЛ «РОЖЬ: ВЧЕРА, СЕГОДНЯ, ЗАВТРА: ПАМЯТИ ПОЧЕТНОГО ПРОФЕССОРА ВИР ВЛАДИМИРА ДМИТРИЕВИЧА КОБЫЛЯНСКОГО»	460
<i>Исмагилов Р.Р.</i> Матрикаральная разнокачественность семян озимой ржи по содержанию водорастворимых пентозанов.....	461
<i>Пономарева М.Л., Пономарев С.Н., Маннапова Г.С., Гильмуллина Л.Ф., Илалова Л.В., Гараева Н.Ш., Сайфутдинова Д.Д., Фомин С.И., Иванова И.О., Павлова С.Ю.</i> Использование коллекции вир для реализации перспективных направлений в селекции озимой ржи.....	463
<i>Сайнакова А.Б., Бражников П.Н., Литвинчук О.В.</i> Стратегия селекции озимой ржи в таежной зоне Западной Сибири.....	465
<i>Скатова С.Е., Солодухина О.В.</i> Селекция озимой ржи в Верхневолжском федеральном аграрном научном центре.....	468
<i>Солодухина О.В.</i> Вклад Владимира Дмитриевича Кобылянского в развитие исследований ржи.....	470
 КРУГЛЫЙ СТОЛ «СОРАТНИКИ И ПОСЛЕДОВАТЕЛИ Н.И. ВАВИЛОВА - В РЕГИОНАХ РОССИИ»	472
<i>Котелкина И.В.</i> «Всё это - для продовольственной безопасности России»: новые материалы о развитии ВИР в регионах России в 1920–1940 гг.....	473
<i>Авруцкая Т.Б.</i> От Полярной станции до среднеазиатских экспедиций: из фондов Мемориального кабинета-музея Н.И. Вавилова в Институте общей генетики имени Н.И. Вавилова (г. Москва).....	476
<i>Дюжилов С.А.</i> Они были первыми (О тех, кто стоял у истоков создания Полярной опытной станции ВИР).....	478
<i>Михайлова И.В.</i> Продвижение растениеводства на Крайний Север: к 135 летию Николая Ивановича Вавилова.....	480
<i>Елацков Ю.А.</i> Из истории Кубанской опытной станции ВИР: 1924–1940 гг.	483
<i>Разгонова М.П., Чуприна Н.Д.</i> Судьба первых директоров Дальневосточной опытной станции В.М. Савич и И.Н. Савич.....	485
<i>Владимирова Л.В.</i> Вировец Николай Леонтьевский: страницы жизни (1887–1942).....	488
<i>Волокитина Л.В.</i> Иван Мичурин и Николай Вавилов: взаимные уважение, поддержка и понимание.....	491
<i>Тюльпина Ю.М., Лагошин А.Г.</i> Александр Мальцев: верный соратник Вавилова – на юге России.....	493
<i>Герасимова Т.В.</i> Последователи Вавилова: Борис Лихачев – первый директор Кубанского генбанка ВИР.....	495
<i>Кочегина А.А.</i> Вавиловец Николай Петрович Голубев – ученый, агроном, селекционер северных кормовых трав.....	497
<i>Чурина Л.С.</i> Материалы ВИР – в Государственном архиве научно-технической информации.....	499
Алфавитный указатель авторов	500
Программа Конференции «V Вавиловская международная конференция: к 135-летию со дня рождения Н.И. Вавилова	505

CONTENTS

CONFERENCE “PLANT GENETIC RESOURCES: CONSERVATION, STUDYING AND UTILIZATION”	26
<i>Kabyshev S.V.</i> Welcome address to participants of the Conference.....	27
PLENARY SESSION	28
<i>Afanasenko O.S., Khiutti A.V., Lashina N.M., Mironenko N.V., Kyrova E.I.</i> Assessment of modern potato cultivars for their tolerance to different strains of the potato spindle tuber viroid.....	29
<i>Batalova G.A., Lisitsin E.M.</i> N.I. Vavilov’s doctrine in breeding of grain-forage crops.....	31
<i>Gavrilenko T.A., Chukhina I.G., Antonova O.Yu., Krylova E.A., Shipilina L.Yu., Oskina N.A., Kostina L.I.</i> Molecular genetic studies of herbarium specimens of Chilean potato species.....	33
<i>Goncharov N.P.</i> “A wonderful country for the philosophy of agriculture...”: Celebrating the 95th anniversary of N.I. Vavilov’s Abyssinian expedition.....	35
<i>Davoyan R.O., Bebykina I.V., Davoyan E.R., Zubanova Y.S., Boldakov D.M., Zinchenco A.N., Bepalova L.A.</i> A synthetic form of <i>Triticum miguschovae</i> Zhir. as a source of bread wheat genetic diversity.....	37
<i>Eremin G.V., Eremin V.G.</i> Studying the gene pool of the genus <i>Prunus</i> L. in the genetic collection at Krymsk Experiment Breeding Station of VIR and its use in the breeding of stone fruit crops.....	38
<i>Loskutov I.G.</i> Using Vavilov’s approaches to the phylogeny and evolution of the genus <i>Avena</i> L.	40
<i>Novikova L.Yu., Zuev E.V.</i> A Model approach to optimization of the spring wheat assortment under the conditions of increasing frequency of droughts.....	43
<i>Pryvalau F.I., Matys I.S., Launikevich A.S.</i> Plant genetic resources of the Republic of Belarus and their role in breeding.....	45
<i>Radchenko E.E.</i> Genetic diversity of cultivated plants in the context of aphid resistance.....	47
<i>Sleptsov T.S., Tananaev N.I., Popova A.S.</i> Impact of climate change on crop production conditions and agroclimatological characteristics in Central Yakutia.....	49
<i>Urazaliev R.A.</i> The contribution of Academician Vavilov to the development of plant breeding in Kazakhstan.....	50
SECTION. GENETIC RESOURCES OF CEREAL AND GROAT CROPS	52
<i>Alkubesi M., Blinkov A.O., Rubets V.S., Divashuk M.G.</i> Clonal micropropagation of sterile wheat-rye hybrids.....	53
<i>Alpatieva N.V., Radchenko E.E., Anisimova I.N.</i> Inheritance of codominant SSR markers associated with the pollen fertility restoration genes: <i>Rf1</i> , <i>Rf2</i> , <i>Rf5</i> and <i>Rf6</i> in the second generation of Sorgho nizkorosloe 81S × 929-3 hybrids.....	54
<i>Akhmedov M.A., Lyapunova O.A.</i> Breeding value of durum wheat lines (<i>Triticum durum</i> Desf.) with the <i>D₂</i> and <i>D₃</i> hybrid dwarfness genes.....	56
<i>Bazyuk D.A., Bome N.A., Tetyannikov N.V., Mishechkina V.S., Shmidt E.S.</i> Reaction of induced mutants of <i>Hordeum vulgare</i> L. to environmental factors expressed by changes in chlorophyll content in leaves and plant height.....	58
<i>Boyko N.I., Aparina V.A., Morozova E.V., Poteshkina A.A., Piskarev V.V.</i> Study of new bread spring wheat breeding lines with foreign genes of resistance to leaf rust.....	59
<i>Boldakov D.M., Davoyan E.R., Davoyan R.O., Zubanova Yu.S., Bibishev V.A.</i> A study of introgressive bread wheat lines incorporating <i>Aegilops speltoides</i> genetic material in the context of their resistance to stem rust.....	61
<i>Vasyukevich S.V., Pyko T.Yu., Ignatieva E.Yu., Pyatkova O.V.</i> The study of the oat collections from VIR in Siberia.....	62
<i>Gnutikov A.A., Nosov N.N., Loskutov I.G., Rodionov A.V.</i> Study of the origin of polyploid grasses (Poaceae) using the plant genetic resources collection of the VIR Genebank and herbarium collections of BIN RAS.....	64
<i>Evseev V.V.</i> Spring bread wheat varieties highly adaptive to ordinary root rot of cereals.....	65

Zuev E.V., Mitrofanova O.P., Lyapunova O.A., Brykova A.N., Lysenko N.S. The role of Academician N.I. Vavilov in the formation of a collection of local wheats at the Wheat Department of VIR.....	67
Iskakov A.R., Kozhakhmetov K.K., Bastaubayeva Sh.O. Use of remote hybridization in cereal crop breeding.....	69
Ismagilov K.R., Karimov I.K. Reaction of spring bread wheat cultivars with different ripeness schedules to drought in the Cis-Ural steppe of Bashkortostan.....	71
Korobkova V.A., Arkhipov A.V., Voropaeva A.D., Yanovski A.S., Ulyanov D.S., Divashuk M.G. Possibility of using the KASP marker to determine the allelic variant of the <i>Zds</i> gene in durum wheat.....	73
Kocheshkova A.A., Bazhenov M.S., Chernook A.G., Divashuk M.G. Contribution of the genes for reduced height (<i>Rht</i>), sensitivity to photoperiod (<i>Ppd</i>) and glutamine synthase (<i>GS2</i>) to bread wheat yield.....	74
Kukoeva T.V., Glagoleva A.Yu., Shoeva O.Yu., Khlestkina E.K. Comparative characteristics of isogenic barley lines according to anthocyanin content and yield.....	75
Kulemina T.V., Sotnikova O.M., Matvienko I.I. Prospects of working with millet and foxtail millet crops for fodder purposes in Leningrad Province.....	76
Lashina N.M., Afanasenko O.S., Kovaleva O.N. Resistance of barley accessions from the East Asian center of diversity to two forms of the net blotch causal agent.....	77
Lukina K.L., Kovaleva O.N. Lodging resistance of semidwarf barley accessions.....	79
Lyapunova O.A. History of macaroni.....	81
Menshikova A.A., Mamaeva V.S., Eremin D.I. Resistance of domestic oat cultivars to chloride and sulfate salinization at the early stages of ontogenesis.....	83
Nazarova L.A. Studying effects of the <i>Rht-17</i> and <i>Ppd-D1</i> genes in bread wheat accessions.....	85
Nikitina E.A., Shirnin S.Y., Krupin P.Y., Karlov G.I., Divashuk M.G. Predicting the performance of KASP markers using bioinformatic approaches.....	86
Nikolayev P.N., Yusova O.A. Genetic diversity of the source material of spring barley as a contribution to the breeding of new cultivars.....	87
Pendinen G.I., Chernov V.E. Obtaining introgressive lines of cultivated barley based on interspecific hybrids <i>Hordeum vulgare</i> L. × <i>Hordeum bulbosum</i> L.	89
Piskarev V.V., Boyko N.I., Zuev E.V., Timofeev A.A., Aparina V.A. Soft spring wheat varieties from the collection as a source of agronomically valuable traits for breeding.....	92
Popov A.I., Zelenkov V.N., Markov M.V. Targeted impact on plants is an effective agrobiotechnological way to increase and stabilize crop yields.....	94
Pryadilshchikova E.N., Vakhrusheva V.V., Chernysheva O.O. Ecological potential of pasture agrophytocenoses based on festulolium under the conditions of the European North of the Russian Federation.....	96
Pyko T.Yu., Vasyukevich S.V., Ignatieva E.Yu. Results of oat breeding for productivity and grain quality.....	98
Pyukkenen V.P., Pendinen G. I., Mitrofanova O.P. New lines of winter bread wheat from intergenerational hybrids.....	100
Romanova E.S., Davydova N.V. Source material for spring bread wheat breeding for productivity and resistance to environmental stress factors under the conditions of the Central Non-Black Earth Region.....	102
Sandukhadze B.I., Mamedov R.Z., Krakhmaleva M.S., Bugrova V.V. Application of the method of intermittent backcrossing in the breeding of winter bread wheat.....	104
Sariev B.S., Iskakov A.R., Baimuratov A.Zh. Breeding and biotechnological research on barley in KazRIAPG, Kazakhstan.....	106
Sidorov A.V., Tyryshkin L.G. Inheritance of the trait “less disease development on wheat seedlings as a result of treatment with a nitrogen and phosphorus salt mixture solution”.....	108
Skazhennik M.A., Garkusha S.V., Kovalev V.S., Chizhikov V.N., Petrushin A.F., Pshenitsyna T.S. Monitoring the state of rice crops on the basis of geoinformation systems.....	110
Suslov V.V. N.I. Vavilov’s law of homologous series (LHS) as a synthesis.....	111
Suslov V.V., Vershinin V.L. N.I. Vavilov’s law of homologous series (LHS) and N.P. Krenke’s series.....	113
Tobolova G.V. Brown and stem rust resistance of varieties belonging to the tetraploid species <i>Triticum carthlicum</i> Nevski (<i>T. persicum</i> Vav.).....	115

Tyryshkin L.G., Zveinek I.A. Characteristics of cultivated barley accessions in the context of effective resistance to fungal leaf diseases.....	117
Filyushin M.A., Kochieva E.Z., Shchennikova A.V. Characteristics of a new gene from the DREB2 subfamily in maize (<i>Zea mays</i> L.) and its expression profile in response to abiotic stress.....	119
Friedmann V.S., Suslov V.V. Evolution during urbanization of “wild” bird species as an example of the implementation of N.I. Vavilov’s law of homologous series (LHS) and the synthesis based on it.....	120
Yurkina A.I., Kroupin P.Y., Sokolova V.M., Ulyanov D.S., Divashuk M.G. Cytogenetic characteristics of <i>Thinopyrum bessarabicum</i>	123
Yurchenko S.A., Korotenko T.L. Genetic resources of the species <i>Oryza sativa</i> L. for use in the breeding for response to abiotic stressors.....	124
SECTION. GENETIC RESOURCES OF POTATO AND TUBER CROPS.....	126
Buldakov S.A. Experience of using the TUR fertilizer to maintain the potato collection <i>in vitro</i>	127
Efremova O.S., Volkova N.N., Lisitsyna O.V., Rybakov D.A., Ozerski P.V., Gavrilenko T.A. Preservation of potato accessions in the VIR cryogenic collection.....	129
Zoteyeva N.M., Khiutti A.V., Afanasenko O.S., Evdokimova Z.Z., Gavrilenko T.A. Leaf and tuber resistance to <i>Phytophthora infestans</i> in the potato clones bearing the RB/RPI-BLB1 gene.....	130
Ivashchenko A.D., Sherstyukova T.P., Khasbiullina O.I. Evaluation of potato collection varieties and interspecific hybrids according to main agronomically valuable traits under the conditions of Kamchatka Territory.....	132
Klimenko N.S., Khiutti A.V., Afanasenko O.S., Antonova O.Yu., Oskina N.A., Gavrilenko T.A. Molecular screening of Russian potato varieties with markers of genes controlling resistance to pathotypes PA2 and PA3 of <i>Globodera pallida</i> (Wollenweber) Behrens.....	134
Kostina L.I., Chalaya N.A., Kosareva O.S. Value of wild and cultivated potato species for breeding.....	136
Kulakova A.V., Shchennikova A.V., Kochieva E.Z. Analysis of changes in the expression of starch degradation genes during long-term low-temperature storage of potato tubers.....	138
Lebedeva N.V., Solovyeva A.E., Lyubchenko A.V., Dubenskaya G.I., Mineev A.L. Composition of bioactive compounds in Jerusalem artichoke (<i>Helianthus tuberosus</i> L., Asteraceae).....	140
Mardanshin I.S. Improvement of the method of potato breeding for resistance to the Colorado potato beetle (<i>Leptinotarsa decemlineata</i> Say).....	142
Nezhdanova A.V., Kamionskaya A.M., Shchennikova A.V., Kochieva E.Z. Effect of the edited plastid starch phosphorilase PHO1a on the development and stress response of potato plants....	144
Okasheva N.A., Streltsova T.A., Rogozina E.V. Study of interspecies potato hybrid clones from VIR as a biological resource significant for plant breeding during cultivation under harsh conditions of the Altai Mountains.....	145
Oskina N.A., Travina S.N., Gavrilenko T.A. Molecular screening of <i>Solanum andigenum</i> Juz. et Buk. accessions with markers of potato cyst nematode resistance genes.....	147
Rogozina E.V. Potato genetic resources from the VIR collection: study and use for breeding purposes.....	149
Rusetsky N.V., Shutinskaya I.A., Kozlov V.A. Studying accessions of wild potato species for resistance to PVS and PVM using artificial infection and PCR marking.....	151
Sakara N.A., Tarasova T.S., Mikheev Y.G., Oznobikhin V.I. Features of potato breeding at the Primorsky Vegetable Experimental Station, a branch of the Federal Scientific Vegetable Center.....	153
Sitnikov M.N., Povarnitsin A.N. Assessment of the effect of preplanting treatment of potato tubers with amino acid solutions.....	155
Solovyeva A.E., Gorlova L.M., Udovickij A.S., Rogozina E.V. The content and composition of anthocyanins in potato tubers.....	157
Chalaya N.A., Gurina A.A., Zavarikhina E.A., Povarnitsin A.N., Sitnikov M.N. New Russian potato cultivars promising for cultivation in the Northwestern Region of the Russian Federation.....	159

<i>Chashinsky A.V., Rogozina E.V., Kozlov V.A., Basko D.B.</i> A study of interspecies potato hybrids developed at the Potato Genetic Resources Department of VIR under the conditions of the Republic of Belarus.....	161
SECTION. GENETIC RESOURCES OF VEGETABLE AND CUCURBIT CROPS.....	163
<i>Andreeva M.P., Gulin A.V., Kigashpaeva O.P., Mukanov M.V.</i> Genetic technologies and agrobiotechnologies in the Astrakhan breeding of vegetable crops.....	164
<i>Anisimova O.K., Filyushin M.A.</i> Identification, characterization and expression analysis of <i>PR1-5</i> gene families in garlic (<i>Allium sativum</i>), and their role in the response to <i>Fusarium proliferatum</i> infection.....	166
<i>Babak O.G., Nekrashevich N.A., Anisimova N.V., Yatsevich K.K., Drozd E.V., Kilchevsky A.V.</i> Homology of gene variation as a basis of molecular marking methods for traits in the vegetable Solanaceae crops.....	168
<i>Volodina E.A., Kulakova Y.Y., Dobrovolskaya O.B.</i> Carolina horsenettle (<i>Solanum carolinense</i> L.): features of the leaf functional anatomy and chloroplast genome.....	170
<i>Volodina S.A., Gulin A.V., Kigashpaeva O.P., Lavrova L.P., Dzhabrailova V.Yu.</i> Preservation and use of tomato genetic diversity to ensure the country's food security.....	171
<i>Igumnova M.M.</i> Studying resistance of the lettuce (<i>Lactuca</i> L.) collection to gray rot (<i>Botrytis cinerea</i>) in Leningrad Province.....	173
<i>Karakadzhiev A.S., Kigashpaeva O.P., Gulin A.V., Mukanov M.V.</i> The collection of <i>Capsicum annuum</i> L. genetic diversity and its use in the development of new sweet pepper cultivars.....	175
<i>Lapina N.V.</i> Source material for the development of white cabbage cultivars for the monsoon climate in the south of Primorsky Territory.....	177
<i>Mikheev Y.G., Sakara N.A.</i> Source material for the root crop breeding in the Far East.....	178
<i>Romanov V.S., Romanov O.V., Pivovarov V.F., Soldatenko A.V.</i> Interspecific hybridization is a method of increasing the biodiversity of <i>Allium</i> crops.....	180
<i>Rusakov D.V., Egorova K.V., Sinyavina N. G., Chesnokov Yu.V.</i> Evaluation of photochemical activity of photosystem II in the leaves of <i>Brassica rapa</i> L. grown in a regulated agroecosystem.....	182
<i>Sarikyan K.M., Simonyan R.K., Vardanyan V.A.</i> Results of the study of differently colored sweet peppers in Armenia.....	184
<i>Seredin T.M., Shumilina V.V., Marcheva M.M., Agafonov A.F., Molchanova A.V.</i> Description of onion plant genetic resources according to their main agronomic characters and biochemical indicators under the conditions of the Non-Black-Earth Zone of Russia.....	186
<i>Sinichenko N.A., Kuzmitskaya G.A.</i> The results of ecological testing of tomato cultivars under various soil and climatic conditions.....	188
<i>Trifonova A.A., Boris K.V., Dedova L.V., Kudryavtsev A.M.</i> Microsatellite markers for assessing the genetic diversity of sugar beet breeding lines.....	189
<i>Filyushin M.A.</i> Identification and characterization of the <i>DREB1</i> and <i>DREB2</i> gene subfamilies in the garlic (<i>Allium sativum</i> L.) genome and their role in the response to cold stress.....	191
SECTION. GENETIC RESOURCES OF OIL AND FIBER CROPS.....	192
<i>Anisimova I.N., Alpatieva N.V., Kuznetsova E.B., Gavrilova V.A.</i> Genetic diversity of dwarf sunflower (<i>Helianthus annuus</i> L.) lines in the VIR collection.....	193
<i>Brutch N.B., Slobodkina A.A., Pavlov A.V., Porokhovinova E.A.</i> 100 years of the flax collection at VIR.....	195
<i>Gorlova L.A., Serdyuk V.V., Golova A.A.</i> Methods of the development of winter rapeseed with a high content of oleic acid Ω -9 in seed oil.....	197
<i>Grigoryev S.V., Illarionova K.V., Shelenga T.V.</i> Evaluation of phytosterols in the seed of <i>Cannabis</i> spp. accessions from the VIR collection.....	199
<i>Korolev K.P., Bome N.A.</i> Genotype $\times$ environment interactions in <i>Linum ussitatissimum</i> L. accessions under the subtaiga conditions in the lowland of Tyumen Province.....	201
<i>Kuznetsova G.N., Polyakova R.S.</i> Oil crops in Western Siberia.....	202
<i>Pavlov A.V., Brutch N.B., Porokhovinova E.A.</i> Determination of fiber quality with small samples using the Instron 5943 universal breaking machine.....	205

Porokhovina E.A., Pavlov A.V., Brutch N.B., Slobodkina A.A., Shelenga T.V. Metabolomic analysis of flour from the seed of flax lines from the genetic collection.....	207
Ryazanova M.K., Voronova O.N., Gavrilova V.A., Alpatieva N.V., Anisimova I.N. Manifestation of the pollen fertility trait in the F ₂ and F ₃ plants of an interline sunflower (<i>Helianthus annuus</i> L.) hybrid.....	210
Chernysheva O.O., Vakhrusheva V.V., Pryadilshchikova E.N. The effect of fertilizers and a biological product on the green biomass yield of spring rapeseed under the conditions of the European North of the Russian Federation.....	212
Kon'kova N.G., Safina G.F., Dubovskaya A.G., Verzhuk V.G., Radchikov Z.V., Shirokova V.S., Solovyeva A.E. The effect of ultra-low temperatures on the germination of oil crop seeds and biochemical composition in leaves.....	213
SECTION. GENETIC RESOURCES OF FRUIT CROPS	214
Boris K.V., Dubrovsky M.L., Shamshin I.N., Trifonova A.A. Genetic diversity of apple-tree clonal rootstocks from the collection of Michurinsk State Agrarian University according to SSR analysis results.....	215
Vasileva M.V. The genus <i>Paeonia</i> L. in the VIR collection.....	217
Verzhuk V.G., Eremin V.G., Gasanova T.A., Eremina O.V., Novikova L.Yu., Putin O.V., Filipenko G.I., Sitnikov V.N., Pavlov F.V. Cryopreservation in liquid nitrogen vapor and viability of peach (<i>Persica vulgaris</i> Mill.) buds from the genetic collection of VIR.....	219
Galasheva A.M., Sedov E.N., Krasova N.G., Lupin M.V., Tzoy M.F. The apple-tree bioresource collection of the Russian Research Institute of Fruit Crop Breeding.....	221
Dunaeva S.E., Tikhonova O.A., Orlova S.Yu., Gavrilenko T.A. <i>In vitro</i> collection of temperate-climate berry and fruit crops in the structure at the VIR Genebank.....	223
Zykova V.K., Rogatennyuk L.A. Diversity of morphological features of <i>Tulipa suaveolens</i> Roth. in the Crimean populations in connection with the prospects for breeding practice.....	225
Kalembet I.N., Seraya L.G., Golimbovskaya S.A., Petrovnina T.A., Bondareva E.V. On the question of resistance to phytopathogens of ornamental and medicinal plants from the bioreresource collection.....	227
Klimenko Z.K., Plugatar S.A., Zykova V.K. Use of genetic resources in the breeding of garden roses at Nikita Botanical Gardens.....	229
Koroleva E.V. Development of variety evaluation criteria for distinctiveness, homogeneity and stability based on the genetic collection of the genus <i>Clarkia</i> Pursh.....	231
Kuleshov A.S. Growth and development features in rare taxa of the genus <i>Citrus</i> under the conditions of Russian humid subtropics.....	233
Pavlova I.A. A vegetating plant collection is one of the ways to preserve the genetic resources of grapes in the <i>in vitro</i> system.....	235
Panfilova O.V., Kahramanoğlu I. Development and use of economically valuable red currant genotypes from the genetic collection of the All-Russian Research Institute of Fruit Crop Breeding to improve the assortment and introduction into different ecogeographic zones.....	237
Popova A.S., Talovina G.V., Sitnikov M.N., Shelokhovskaya L.V., Maksimova U.V., Kutukova A.S., Nogovitsyna P.A., Sleptsov T.S., Ambrosova Yu.G., Pikula K.S. The study of crop wild relatives in the Lenskiye Stolby National Park and local flora in the Khangalassky Ulus of the Central Yakutia.....	239
Razumova O.V., Ulyanov D.S., Bone K.D., Divashuk M.G. Genome sequencing disclosed differences in the composition of repeated DNA sequences in <i>Shepherdia argentea</i> Nutt. and its relative <i>Hippophae rhamnoides</i> L.	240
Slepneva T.N. Results and priority trends in fruit and berry crop breeding in the Middle Urals...	242
Slepchenko K.V. Genetic diversity of the genus <i>Iris</i> L. in the collection of the Subtropical Scientific Center of the RAS.....	243
Suprun I.I., Stepanov I.V., Tokmakov S.V., Balapanov I.M., Lobodina E.V., Al-Nakib E.A. Studying the genetic diversity of walnut in the South of Russia on the basis of molecular genetic methods and phenotypical characterization.....	245
Talovina G.V., Popova A.S., Kutukova A.S., Nogovitsyna P.A., Sleptsov T.S., Vasilieva I.V., Pikula K.S. Distribution of currant species over the territory of Yakutia.....	247
Shamshin I.N., Dubrovsky M.L., Boris K.V. Identification of powdery mildew resistance genes in apple clonal rootstocks using molecular markers.....	249

<i>Ulyanovskaya Y.V., Chernutskaya E.A., Balapanov I.M., Tokmakov S.V.</i> Genetic resources of the genus <i>Malus</i> Mill. as the basis for breeding improvement of the southern apple-tree assortment.....	250
<i>Yartseva M.A.</i> Breeding work on the collections of berry crops at the Polar Experiment Station of VIR: past, present and future.....	252
YOUTH CONFERENCE “THE F3 GENERATION: COMMEMORATING THE 135th BIRTHDAY OF NIKOLAY VAVILOV”	254
<i>Abdullaev R.A., Akimova D.E., Radchenko E.E.</i> Greenbug resistance in barley accessions from China.....	255
<i>Abdullaev R.A., Zveinek I.A., Alpatieva N.V., Radchenko E.E.</i> Diversity of barley accessions from Japan according to photoperiod sensitivity.....	256
<i>Agakhanov M.M., Ukhatova Yu.V.</i> Results of the study of grapevine hybrid populations.....	257
<i>Barabanov I.V., Rakhmangulov R.S.</i> Snapdragon: a model plant in ornamental crop breeding... ..	258
<i>Bumagina A.E., Erastenkova M.V., Ukhanova Yu.V.</i> Assessment of grapevine accessions from the VIR collection for their micropropagation effectiveness.....	259
<i>Vasipov V.V., Kutsev D.S., Ulyanov A.V., Khatefov E.B.</i> Development of inbred multicob maize lines with synchronous cob flowering.....	260
<i>Gilvanov A.S., Kiseleva A.S., Usova A.A., Galikhanov U.A., Khusnetdinova L.Z.</i> In vitro cultivation of golden root (<i>Rhodiola rosea</i> L.).....	261
<i>Gofman A.V.</i> Identification of effective markers for the gene <i>qPTT_{CLS}</i> determining resistance to <i>Pyrenophora teres</i> f. <i>teres</i> on chromosome 3H.....	263
<i>Gurina A.A., Zavarikhina E.A., Rogozina E.V.</i> Assessment of the intraspecific crossing progeny of primitive potato cultivars according to late blight damage dynamics.....	265
<i>Davydova N.V., Kazachenko A.O., Shirokolava A.V., Rejepkin A.M., Nardid V.A., Sharoshkina E.E., Romanova E.S., Chesnokov Y.V., Myrskaya G.V.</i> Specific features of source material for the development of new spring wheat cultivars.....	267
<i>Derbeneva D.E., Karakuleva M.V., Lyapun D.V., Fedyashina M.I., Yacelenko D.V., Rybakov D.A., Berensen F.A.</i> An upgrade of green marrow: version PM-0.....	269
<i>Egorova K.V., Dubovitskaya V.I., Kocherina N.V., Sinyavina N.G., Homyakov Yu.V., Chesnokov Yu.V.</i> QTL analysis of micronutrient content in <i>Brassica rapa</i> L. mapping populations grown under light culture conditions.....	271
<i>Zaytseva I.Yu., Shchennikova I.N.</i> Breeding value of the global genetic resources of <i>Hordeum vulgare</i> under the conditions of the Volga-Vyatka Region.....	273
<i>Ivanov A.A., Golubeva T.S.</i> Development of a model gene silencing system for <i>Solanum tuberosum</i>	275
<i>Ikhnova V.N., Chukhina I.G.</i> <i>Triticum boeoticum</i> Boiss. from the Crimea in the Herbarium Collection of VIR (WIR).....	276
<i>Kamnev A.M., Antonova O.Yu.</i> ISAP method for studying the genetic diversity of <i>Rubus</i> L.	278
<i>Kiseleva A.A., Berezhnaya A.A., Stasyuk A.I., Timonova E.M., Kolozhvari A.E., Leonova I.N., Salina E.A.</i> Studying the genetic mechanisms determining the duration of interphase periods in common wheat.....	280
<i>Kovalenko T.V., Khlestkina E.K., Tikhonova N.G., Ukhatova Yu.V.</i> Development and effectiveness verification of the <i>MLO7</i> gene knockout construction based on the CRISRP/Cas system in grape cultivars.....	282
<i>Korshikova E.S., Seferova I.V., Matvienko I.I., Shchedrina Z.A., Ukhatova Yu.V.</i> Dependence of the soybean photoperiod sensitivity coefficient on weather conditions in the Northwest of Russia.....	283
<i>Kochneva D.A., Lyubimova A.V., Eremin D.I.</i> Formation of yield components in domestically bred oats under favorable weather conditions.....	285
<i>Kuzmina J.I.</i> Leaf stomata and mineral inclusions in cultivated oat species (<i>Avena</i> L.).....	287
<i>Mamaeva V.S., Eremin D.I., Moiseeva M.N.</i> Productivity of oats bred in Tyumen under contrasting weather conditions of forest steppe with the use of increasing doses of mineral fertilizers.....	288
<i>Mikhailova A.S., Sokolova D.V., Popov V.S., Kashchenko G.A., Shvachko N.A.</i> Introduction of table beet into <i>in vitro</i> culture.....	290

<i>Paramonik A.P., Galyamova M.R., Sedykh S.E.</i> All-Russian atlas of soil microorganisms: search for bacteria promoting plant growth.....	291
<i>Pashchenko O.I.</i> Genetic collection of <i>Freesia refracta</i> and its use in breeding research at the Subtropical Scientific Center.....	293
<i>Porotnikov I.V., Pyukkenen V.P., Antonova O.Yu., Mitrofanova O.P.</i> Diversity of haplotypes according to loci closely linked to the <i>SKr</i> gene in common wheat forms of different geographic origin and their crossability with rye.....	295
<i>Rozanova I.V., Loskutov I.G., Shvachko N.A.</i> Searching for DNA markers associated with useful agronomic traits in the VIR collection of barleys.....	297
<i>Rybakov D.A., Antonova O.Yu., Gavrilenko T.A.</i> Molecular screening of potato cultivars from the VIR collection for resistance to <i>Meloidogyne chitwoodi</i>	299
<i>Sergeenko A.A., Glukhova M.A., Daudova R.I., Kapitanova T.K., Nesterov V.V., Parfenova A.K., Paramonik A.P., Sedykh S.E., Smirnova N.V.</i> Influence of soil bacterial consortia on the growth and development of wheat.....	301
<i>Slobodkina A.A., Kutuzova S.N., Pavlov A.V., Brutch N.B., Matveeva T.V., Porokhovina E.A.</i> Phylogenetic analysis of rust (<i>Melampsora lini</i> (Pers.) Lev.) resistance gene alleles in flax (<i>Linum usitatissimum</i> L.).....	303
<i>Smirnova N.V., Semilet T.V., Shvachko N.A.</i> Study of ancient barley of the 12th century using molecular genetic methods.....	305
<i>Solovyeva M.V., Kibkalo I.A., Shvachko N.A.</i> Studying grain quality at the Technological Assessment Laboratory of VIR.....	307
<i>Tautekenova A.K., Lyubimova A.V., Eremin D.I.</i> Assessment of the collection of cultivated oat species for disease resistance in the forest-steppe of the Trans-Urals.....	309
<i>Tetyannikov N.V.</i> Assessment of M ₅ and M ₆ barley mutants for earliness, lodging resistance, and yield.....	311
<i>Ulyanov D.S., Divashuk M.G., Ulyanova A.A., Litvinov D.Y., Kocheshkova A.A., Karlov G.I.</i> PHENOBOARD: a novel tool for processing digital phenotyping data.....	313
<i>Usmanova A.R., Burlyaeva M.O., Philipenko G.I.</i> Significance of mung bean [<i>Vigna radiata</i> (L.) Wilczek] as a natural source of nutrients.....	314
<i>Khakulova M.Y., Shomakhov B.R., Kushkhova R.S., Khashirova Z.T., Gyaurgiev A.Kh., Kudaev R.A., Khatefov E.B.</i> The effect of biotic and abiotic environmental factors on tetraploid maize populations under the conditions of Kabardino-Balkaria.....	316
<i>Kharchenko A.A., Solovyeva A.E., Popov V.S., Novikova L.Yu.</i> Biochemical composition in leaves of strawberry accessions of various origin from the VIR collection in autumn.....	318
<i>Khvostova A.B., Yartseva M.A., Ukhatova Yu.V.</i> Introduction of black currant cultivars developed at the Polar Experiment Station of VIR into <i>in vitro</i> culture.....	320
<i>Khokhlenko A.A., Erastenkova M.V., Orlova S.Yu., Sitnikov M.N., Verzhuk V.G.</i> Adaptability potential of bird cherry (<i>Padus</i> Mill.) pollen under ultralow temperatures.....	322
<i>Chumanova E.V., Efremova T.T.</i> Production and study of cv. 'Bezostaya 1' common wheat lines with a combination of dominant alleles of <i>VRN-A1</i> and <i>VRN-B1</i> loci.....	324
<i>Shaimardanov D.Yu., Rakhmangulov R.S.</i> Prospects of rose breeding in Russia.....	326
<i>Shaimardanova E.Kh., Makarova M.V.</i> Prospects of blackberry breeding.....	328
CONFERENCE "100 YEARS OF SCIENTIFIC SUPPORT FOR THE EFFECTIVE USE OF LEGUME GENETIC RESOURCES IN RUSSIA"	330
<i>Vishnyakova M.A.</i> VIR's Department of Grain Legume Genetic Resources: century-long experience of working with the collection.....	331
SECTIONS 1–4	335
<i>Aleksandrovich V.V., Siniauskaya M.G., Levanski O.D., Mishuk E.A., Davydenko O.G.</i> Genetic collection of early soybean varieties: peculiarities of variability in organelle genomes... ..	336
<i>Besedin A.G., Putina O.V.</i> Garden pea as an object of breeding and scientific research at Krymsk Experiment Breeding Station of VIR.....	338
<i>Bulyntsev S.V., Gromenkova I.G., Gubanov A.V.</i> Collection of the genus <i>Trifolium</i> L. in connection with the priority breeding objectives in the Russian Federation.....	340
<i>Buravtseva T.V., Egorova G.P., Vishnyakova M.A.</i> The common bean collection at VIR: from Vavilov to the present day.....	342

Burlyayeva M.O. Mung bean, adzuki bean and asparagus cowpea in the VIR collection: ecogeographic diversity and prospects for the use in the Far East.....	344
Vlasova E.V. Features of growth and formation of seed productivity in narrow-leaved lupine cultivars with various branching types under the conditions of Moscow Province.....	346
Davletov F.A., Gainullina K.P. Source material for pea breeding for high seed productivity under the conditions of the Cis-Ural steppe of the Republic of Bashkortostan.....	347
Dzyubenko E.A. Development of synthetic varietal populations of <i>Medicago varia</i> with high seed productivity for the Northwestern Russia.....	349
Duk O.V., Simonova S.G., Yakovleva M.Yu., Malyshev L.L. Screening of sweet clover (<i>Melilotus</i> Mill.) from the VIR collection for sources of productivity and adaptability under the conditions of the Northwest of the Russian Federation.....	351
Eggi E.E., Aleksandrova T.G. Comparative characteristics of common vetch (<i>Vicia sativa</i> subsp. <i>sativa</i>) cultivars based on seed polypeptide patterns.....	353
Engalycheva I.A., Kozar E.G., Domblides A.S., Antoshkin A.A. Prospects of green bean (<i>Phaseolus vulgaris</i> L.) breeding for resistance to the bean common mosaic virus (<i>Potyvirus</i>), <i>Potyvirus</i> under the conditions of Moscow Province.....	356
Zhukov V.A., Sulima A.S., Zhernakov A.I., Tikhonovich I.A. A study of molecular genetic foundations of legume–rhizobial symbiosis using material from VIR’s pea collection.....	359
Kazydub N.G., Kuzmina S.P., Kotsyubinskaya O.A. Results of the use of genetic resources for grain legume breeding at Omsk State Agrarian University.....	360
Kaigorodova I.M., Golubkina N.A., Ushakov V.A. A study of lodging resistance in garden pea (<i>Pisum sativum</i> L.).....	362
Krylova E.A., Khlestkina E.K. Comparative transcriptome analysis of <i>Vigna unguiculata</i> (L.) Walp. accessions with different stem growth types under controlled conditions.....	364
Kryukov A.A., Yurkov A.P., Gorbunova A.O., Kudryashova T.R., Kovalchuk A.I., Shishova M.F. Plant SWEET transports in the arbuscular mycorrhizal symbiosystem at a high level of phosphorus.....	366
Kuzmina S.P., Kazydub N.G., Krasyukov V.S. The use of genetic resources collections for breeding chickpeas for productivity under the conditions of the Southern Forest-Steppe of Omsk Province.....	368
Loskutov S.I., Puhalsky Y.V., Saveliev A.I. Prospects for the use of automated hydroponic systems in growing legume microgreens.....	370
Malysheva N.Y., Shelenga T.V., Solovieva A.E., Malyshev L.L. Diversity of black medick (<i>Medicago lupulina</i> L.) life forms.....	372
Mamedova S.M., Popov V.S., Solovyeva A.E., Perchuk I.N., Malyshev L.L., Vishnyakova M.A. The relationship of tannin content in horse bean seeds with morphological characteristics of plants.....	374
Matys I.S., Markevich I.M., Savenkov P.Yu., Zhachkina N.N. Lupine collections in the Cenebank of Belarus: conservation and utilization.....	376
Nizhnikov A.A. Amyloid proteins of plants and bacteria: structural similarity and diversity of functions.....	378
Nuyandina A.A., Omelianyuk L.V., Asanov A.M. Studying the breeding potential of soybeans (<i>Glycine max</i> (L.) Merrill) from the VIR collection at Omsk Agrarian Scientific Center.....	379
Puhalsky J.V., Vorobyov N.I., Laktionov Yu.V., Kozhemyakov A.P. Genotypic screening of Fabaceae for resistance to the effect of heavy metals on the basis of fractal profiling of their root exudates.....	381
Semenova E.V., Kravchuk N.D., Vishnyakova M.A. Diagnostics of drought resistance in pea accessions (<i>Pisum sativum</i> L.) from the VIR collection at early stages of ontogenesis.....	384
Seferova I.V. VIR’s soybean collection as a source of basic material for breeding and scientific programs.....	386
Smirnova A.M., Antoshkin A.A., Ushakov V.A. Evaluation of green bean (<i>Phaseolus vulgaris</i> L.) accessions as a source of material for breeding.....	388
Filipenko G.I., Zabegaeva O.N., Duk O.V., Dzyubenko E.A., Malyshev L.L. Evaluation of seed hardness in melilot (<i>Melilotus</i> (L.) Mill.) from the VIR collection depending on a number of factors.....	390
Fotev Y.V., Lomako I.S., Yunisova L.H. Evaluation of cold resistance in accessions of <i>Vigna</i> Savy species by pollen <i>in vitro</i> germination at a low temperature.....	392

<i>Chuvilina V.A.</i> Assessment of the main economically useful traits of red clover under the conditions of Sakhalin.....	394
<i>Chumakova V.V., Lebedeva N.S., Sukharev S.A.</i> Sainfoin breeding: results and prospects.....	396
<i>Yurkov A.P., Kryukov A.A., Puzansky R.K., Gorbunova A.O., Kudryashova T.R., Kovalchuk A.I., Mikhailova Yu.V., Zhurbenko P.M., Rodionov A.V., Shishova M.F.</i> Modern technologies for analyzing the development of an effective <i>Medicago lupulina</i> – <i>Rhizophagus irregularis</i> Plant–Microbial System.....	399
<i>Yashchenko Yu.I.</i> Evaluation of soybean varietal accessions as source material for breeding under the conditions of the Southern Forest-Steppe of Omsk Province.....	401

ROUND TABLE “WEEDY PLANTS: URGENT ISSUES IN THE STUDY OF THEIR DIVERSITY, ORIGIN AND EVOLUTION”

<i>Bagmet L.V.</i> Dynamics of the segetal element in the flora of Saratov Province.....	403
<i>Bochkarev V.D., Bochkarev D.V.</i> Florogenetic analysis of adventive weeds in agrophytocenoses in the south of the Non-Black-Earth zone under the conditions of changes in cropping systems in the 20th and early 21st centuries.....	406
<i>Bochkarev D.V., Nikolskiy A.N., Smolin N.V., Bochkarev V.D.</i> The level of anthropogenic impact as the most important factor in the dynamics of the weed component of agrophytocenosis.....	408
<i>Varganova I.V., Shipilina L.Yu.</i> Herbarium of weedy plants of the 19th and first half of the 20th centuries in the WIR collection.....	410
<i>Zelenskaya O.V., Shvydkaya N.V.</i> Dynamics of the species composition of weeds in Kuban rice fields over the last 100 years.....	411
<i>Korpanov R.V.</i> Remote examination of crops using UAV and other trends of improving the technology of PPP application by agrodrones.....	414
<i>Larina G.E.</i> Monitoring of weeds in crop production: field crop rotations and horticulture.....	416
<i>Lesik E.V., Leusova N.Y., Kreshchenok I.A., Talovina G.V.</i> Invasive species of <i>Helianthus</i> L. in the Russian Far East.....	418
<i>Luneva N.N.</i> Scientific approaches and prospects in herbological research.....	420
<i>Nikolin E.G., Adrian I.A., Petrovskiy V.V., Sekretareva N.A., Sytin A.K.</i> Invasion of weeds in the Arctic ecosystems surrounding Tiksi Settlement (Yakutia, Russia).....	422
<i>Nikolskiy A.N., Bochkarev V.D.</i> Biocenotic composition of meadow vegetation in the forest-steppe of the southern Non-Black-Earth zone with a change in the level of anthropogenic impact.....	423
<i>Perederieva V.M., Shutko A.P.</i> Changes in the floral composition of segetal vegetation in the winter wheat agrophytocenosis depending on the agrogenic effect.....	425
<i>Terekhina T.A., Ovcharova N.V.</i> Dynamics of the adventive component in the flora of Barnaul over the last 90 years.....	427
<i>Tkachenko K.G.</i> Collections of botanical gardens as sources of weeds and/or invasive species with valuable agronomic properties.....	429
<i>Tokhtar V.K., Zelenkova V.N.</i> Using the analysis of floral parameters to develop a classification and forecast the state of agrophytocenosis floras.....	432
<i>Khasanova G.R., Yamalov S M.</i> The trends of changes in the flora of segetal communities in the South Urals during the last 70 years.....	434
<i>Shipilina L.Yu., Chukhina I.G.</i> Invasive plant species in the Kurgalsky Nature Reserve.....	437

ROUND TABLE “TRITICALE: A CROP OF THE FUTURE (CELEBRATING THE 85th BIRTHDAY OF ULLUBI K. KURKIEV)”

<i>Blinkov A.O., Alkubesi M., Rubets V.S., Kozar E.V., Feodorova T.A., Razumova O.V., Divashuk M.G.</i> Features of using anther float culture for the production of triticale haploids.....	438
<i>Gadjumagomedova M.Kh., Kurkiev K.U.</i> Analysis of productivity and morphobiological features in wheat, rye and triticale.....	439
<i>Kabashnikova L.F., Dubovets N.I.</i> Features of the pigment complex and oxidation processes in recombinant forms of hexaploid triticale.....	441
<i>Kovtunen V.Ya., Panchenko V.V., Kalmysh A.P.</i> Studying the national and international triticale collection at the P.P. Lukyanenko National Grain Center.....	442
	445

<i>Kurkiev U.K., Kurkiev K.U.</i> Promising sources and donors of the traits valuable for triticale breeding.....	447
<i>Mitroshina O.V., Medvedev A.M.</i> Resistance of winter triticale to <i>Fusarium nivale</i> under the conditions of the Central Non-Black-Earth zone.....	449
<i>Polkhovskaya E.S., Bolotina A.A., Dudnikov M.V., Kirov I.V., Soloviev A.A.</i> Searching for new genes responsible for grain development.....	451
<i>Ponomarev S.N., Garaeva N.Sh., Ponomareva M.L., Mannapova G.S., Gilmullina L.F., Fomin S.I., Ilalova L.V., Sayfutdinova D.D., Ivanova I.O., Pavlova S.Y.</i> Clustering of genetic resources from the VIR collection for use in winter triticale breeding in the Volga Region.....	452
<i>Skatova S.E., Tyslenko A.M., Zuev D.V., Lukin S.M.</i> Achievements and prospects of hexaploid triticale breeding at the Upper Volga Federal Agricultural Research Center.....	454
<i>Ghernook A.G., Panchenko V.V.</i> Prospects of using the <i>ScGRF3-2R</i> genes regulating growth factors in triticale and rye breeding.....	456
<i>Chikida N.N., Peneva T.I., Shelenga T.V., Okhotnikova T.V., Lavrentyeva N.S., Barsukova T.T., Kuznetsova L.I.</i> Evaluation of new triticale cultivars according to biochemical parameters of grain and baking properties of whole grain flour.....	458

ROUND TABLE “RYE: YESTERDAY, TODAY, AND TOMORROW (IN MEMORY OF VLADIMIR D. KOBLYANSKY, PROFESSOR EMERITUS OF VIR)”

<i>Ismagilov R.R.</i> Matrical heterogeneity of winter rye seeds in terms of water-soluble pentosan content.....	460
<i>Ponomareva M.L., Ponomarev S.N., Mannapova G.S., Gilmullina L.F., Ilalova L.V., Garaeva N.Sh., Sayfutdinova D.D., Fomin S.I., Ivanova I.O., Pavlova S.Yu.</i> Exploiting the VIR collection for the implementation of promising trends in winter rye breeding.....	463
<i>Sainakova A.B., Brazhnikov P.N., Litvinchuk O.V.</i> Winter rye breeding strategy in the Taiga zone of Western Siberia.....	465
<i>Skatova S.E., Solodukhina O.V.</i> Winter rye breeding at the Upper Volga Federal Agricultural Research Center.....	468
<i>Solodukhina O.V. V.D. Koblyansky's</i> contribution to the development of rye research.....	470

ROUND TABLE “COMPANIONS AND FOLLOWERS OF N.I. VAVILOV – IN THE REGIONS OF RUSSIA”

<i>Kotelkina I.V.</i> “All this is for the food security of Russia”: new materials on the development of VIR in the regions of Russia in 1920–1940.....	472
<i>Avrutsкая T.B.</i> From the Polar Station to the Central Asian expeditions: the materials of N.I. Vavilov's Memorial Study (Museum) at the Vavilov Institute of General Genetics in Moscow.....	473
<i>Dyuzhilov S.A.</i> They were the first (About those who stood at the origins of the Polar Experiment Station of VIR).....	476
<i>Mikhailova I.V.</i> Extension of plant production to the Extreme North: dedicated to the 135th birthday of Nikolay Ivanovitch Vavilov.....	478
<i>Elatskov Yu.A.</i> From the history of the Kuban Experiment Station of VIR: 1924–1940.....	480
<i>Razgonova M.P., Chuprina N.D.</i> The destiny of the first directors of the Far East Experiment Station V.M. Savich and I.N. Savich.....	483
<i>Vladimirova L.V.</i> Nikolay Leontievsky, VIR's employee: pages of his life (1887–1942).....	485
<i>Volokitina L.V.</i> Ivan Michurin and Nikolay Vavilov: mutual respect, support and understanding.....	488
<i>Tyulpina Yu.M., Lagoshin A.G.</i> Alexander Maltsev: Vavilov's faithful associate in the South of Russia.....	491
<i>Gerasimova T.V.</i> Vavilov's followers: Boris Likhachev, the first director of VIR's Kuban Genebank.....	493
<i>Kochegina A.A.</i> N.I. Vavilov's associate, agricultural scientist Nikolay Petrovich Golubev as a northern forage grass breeder.....	495
<i>Churina L.S.</i> VIR's materials in the State Archive of Scientific and Technical Information.....	497
Alphabetical index of authors	499
Program of the Conference	500
	505

**КОНФЕРЕНЦИЯ
«ГЕНЕТИЧЕСКИЕ РЕСУРСЫ РАСТЕНИЙ:
СОХРАНЕНИЕ, ИЗУЧЕНИЕ, ИСПОЛЬЗОВАНИЕ»**

**CONFERENCE
“PLANT GENETIC RESOURCES:
CONSERVATION, STUDYING AND UTILIZATION”**

На открытии V Вавиловской международной конференции, приуроченной к 135-летию со дня рождения Николая Ивановича Вавилова выступил председатель Комитета Государственной Думы по науке и высшему образованию Сергей Кабышев. В своем выступлении он отметил:

✓ весь жизненный путь Николая Ивановича является ярким, убедительным доказательством того, что в центре решения задач научно-технологического развития страны находится фигура ученого;

✓ осознание им науки как высшей формы социального служения, его талант и общественное достоинство, умение сопрягать академическую науку с прикладной деятельностью, подвижнический энтузиазм и государственно-организаторский подход к делу;

✓ стоит осмыслить сегодня глубину слов академика Вавилова о том, что «удельный вес науки в стране определяется не только средствами, отпускаемыми по государственному бюджету, числом исследовательских институтов, но прежде всего кругозором научных деятелей, высотой их научного полета».

Всероссийский институт генетических ресурсов растений имени Н.И. Вавилова реализует важную и стратегически значимую инициативу, организуя научный форум, посвященный проблемам развития биоресурсных коллекций.

В современных условиях генетические технологии приобретают по сути «сквозное» межотраслевое значение, служат необходимой и во многом безальтернативной инструментальной основой для форсированного инновационного развития страны, одним из ключевых факторов достижения национальных приоритетов.

При этом успешное внедрение генетических технологий тесно связано с созданием надлежащих научно-методологических, правовых, организационных, финансовых и иных условий для формирования и использования генетических коллекций как важнейшего источника информации для селекционных программ и одновременно хранилища генетического наследия».



Кабышев С.В.
В Кабинете Вавилова Н.И., 2022

Источники: Телеграм-канал председателя Комитета Государственной Думы по науке и высшему образованию Сергея Кабышева, November 21, 2022, <https://t.me/s/SKabyshev>; <https://vk.com/virvavilov>; <https://vk.com/wall-176529307?q=кабышев>

ПЛЕНАРНОЕ ЗАСЕДАНИЕ

PLENARY SESSION

ОЦЕНКА ТОЛЕРАНТНОСТИ СОВРЕМЕННЫХ СОРТОВ КАРТОФЕЛЯ К РАЗЛИЧНЫМ ШТАММАМ ВИРОИДА ВЕРЕТЕНОВИДНОСТИ КЛУБНЕЙ

О.С. Афанасенко, А.В. Хютти, Н.М. Лашина, Н.В. МIRONENKO, Е.И. Кырова
Всероссийский научно-исследовательский институт защиты растений, Санкт-Петербург,
Россия, olga.s.afan@gmail.com

ASSESSMENT OF MODERN POTATO CULTIVARS FOR THEIR TOLERANCE TO DIFFERENT STRAINS OF THE POTATO SPINDLE TUBER VIROID

O.S. Afanasenko, A.V. Khiutti, N.M. Lashina, N.V. Mironenko, E.I. Kyrova
All-Russian Research Institute of Plant Protection, St. Petersburg, Russia,
olga.s.afan@gmail.com

Вироид веретеновидности клубней картофеля (ВВКК) представляет собой РНК-репликоны, состоящие из одноцепочечной высокоструктурированной кольцевой РНК длиной 360 нуклеотидов, в которой отсутствуют какие-либо последовательности, кодирующие белок. ВВКК является объектом внешнего карантина и имеет широкое географическое распространение. ВВКК либо на картофеле, либо на томатах выявлен на всех континентах (ЕОКЗР/CABI; Mackie et al., 2019). Потери урожая картофеля могут достигать 50–90%. В России в 60–70 годы XX века ВВКК получил широкое распространение в Поволжье и был причислен к основным заболеваниям картофеля в этом регионе. В 1990-годы было отмечено повсеместное распространение ВВКК на территории РФ, в том числе на Дальнем Востоке и на северо-западе России. Наши исследования с использованием современных методов диагностики показали, что в России остается проблема распространения виroidной инфекции, которая была выявлена в 10,3% случайно отобранных клубней картофеля из Приволжского ФО и в 3,5% – из Дальневосточного ФО. В современной литературе отсутствуют сведения о доказанной экспериментальным путем устойчивости или толерантности сортов картофеля к ВВКК.

Целью исследования являлась оценка современного сортимента картофеля по устойчивости/толерантности к различным штаммам ВВКК.

Для оценки толерантности 39 сортов картофеля были использованы четыре штамма виroidа: VP35, VP87, FP10-13 и NicTr-3. По предварительным данным эти штаммы по агрессивности к сильно поражаемому сорту томата 'Rutgers' были охарактеризованы как: VP35 (LC523658) и VP87 (LC523667) – промежуточные (Intermediate), FP10-13 (LC523676) и NicTr-3 (LC654171) – сильно агрессивные (severe). Все штаммы депонированы нами в международной информационной базе данных DDBJ (DNA Data Bank of Japan). По имеющимся нуклеотидным последовательностям кДНК были синтезированы транскрипты этих штаммов, которые использовали для инокуляции растений томата сорта 'Rutgers'. Для инокуляции сортов картофеля использовали сок инфицированных растений томата.

Выявили 5 основных типов симптомов на клубнях картофеля: (1) типичная веретеновидность (удлиненные, веретеновидные), (2) деформация клубней разной степени выраженности (вздутия, глубокие перетяжки и др.), (3) вдавленные глазки и углубленная штриховатость, (4) грушевидность и (5) значительное уменьшение размеров клубней (горошины) по сравнению с контролем. Чаще всего встречались симптомы деформации и грушевидности. Меньше всего сортов картофеля с симптомами виroidной инфекции на клубнях было отмечено после первичной инокуляции штаммом VP87 (21,6%), для остальных штаммов примерно одинаковое количество сортов имели симптомы виroidной инфекции: 47,0% – при первичной инокуляции штаммом VP35, 43,4% – штаммом FP10-13 и 46,6% штаммом NicTr-3. Выявлена штаммо-специфичность по реакции на виroidную

инфекцию – ни в одном случае не отмечено проявление симптомов вирусной инфекции у изучаемых сортов ко всем четырем штаммам при первичном заражении ВВКК. Самые тяжелые симптомы деформации отмечены при первичной инокуляции штаммом VP87 у сортов ‘Аврора’, ‘Бриз’, ‘Импала’ и ‘Навигатор’; штаммом VP35 – у сортов ‘Ариэль’, ‘Импала’, ‘Коломба’, ‘Мираж’, ‘Навигатор’, ‘Невский’, ‘Санибель’ и у линий 1923-3 и 4434-1; штаммом FR 10-13 – у сортов ‘Импала’, ‘Метеор’, ‘Спринтер’, ‘Фиолетовый Вителот’ и линий 1923-3 и 4434-1; штаммом NicTr-3 – у сортов ‘Аризона’, ‘Винета’, ‘Коломба’, ‘Королева Анна’, ‘Мадейра’, ‘Навигатор’, ‘Флагман’ и линии 1923-3. Все перечисленные сорта, для которых отмечены тяжелые симптомы деформации хотя бы к одному штамму вируса, можно отнести к восприимчивым. Для всех сортов через 60 дней после инокуляции проведена молекулярная диагностика PSTVd методом ОТ-ПЦР и ОТ-ПЦР в реальном времени. Положительная диагностика, свидетельствующая о репликации штаммов вируса в растении, была получена для всех сортов, в том числе и с нормальными клубнями, после инокуляции четырьмя штаммами PSTVd. Выделилась группа сортов, у которых после первичной инокуляции растений всеми штаммами ВВКК сформировались нормальные по форме клубни, но во второй репродукции все растения имели симптомы ВВКК. Появление всходов от клубней большинства инфицированных растений независимо от сорта и штамма ВВКК растягивалось во времени и достигало 30–48 суток после посадки. Растения имели симптомы вирусной инфекции: задержка всходов, утончение стеблей, мелколистность, некрозы листьев и стеблей. С точки зрения эпидемиологии такие сорта представляют даже большую опасность для семеноводства картофеля как носители латентной инфекции. Бессимптомное течение болезни в первый год заражения ВВКК способствует распространению инфекции с посадочным материалом.

Работа поддержана грантом РНФ № 20-46-07001.

УЧЕНИЕ Н.И. ВАВИЛОВА В СЕЛЕКЦИИ ЗЕРНОФУРАЖНЫХ КУЛЬТУР

Г.А. Баталова*, Е.М. Лисицын

Федеральный аграрный научный центр Северо-Востока имени Н.В. Рудницкого,
Киров, Россия, *g.batalova@mail.ru

N.I. VAVILOV'S DOCTRINE IN BREEDING OF GRAIN-FORAGE CROPS

G.A. Batalova*, E.M. Lisitsin

Federal Agricultural Research Center of the North-East named N.V. Rudnitsky, Kirov,
Russia, *g.batalova@mail.ru

Н.И. Вавилов писал «Прежде чем приступить к созданию новых форм путем скрещивания, надо знать существующие формы в природе <...> прежде всего знать хорошо местный ассортимент. Он должен служить исходным материалом для дальнейшего улучшения сортов» (Ботанико-географические основы селекции, 1933). Он отмечал значимость инорайонного материала в селекции, который дополняет местный генофонд – «крупнейшие достижения... были сделаны в США, в Канаде и Аргентине путем скрещивания весьма отдаленных географических рас, привлекавшихся из Европы, Индии и Китая», отметил «ясную закономерность, заключающуюся в поразительном параллелизме, проявляющемся в наследственной изменчивости близких видов и родов, в сходстве рядов наследственных форм, которыми представлены близкие виды и роды», тем самым определил путь поиска селекционно значимых признаков, сформулировав закон гомологических рядов в наследственной изменчивости (Vavilov, 1922).

Другой важной составляющей успешной селекции является знание центров происхождения культурных растений. В результате многочисленных экспедиций в России и в зарубежные страны Н.И. Вавилов (1926) выделил семь центров происхождения культурных растений, среди них центры происхождения ячменя и овса. Он писал, что овес культурный вошел в культуру через засорение посевов полбы – «полбяная культура фактически является хранителем сортового разнообразия овса – сосредоточением оригинальных рас, до сих пор неизвестных в культуре», а также «нередко в северных районах (например, Вятская губерния) овес является сорняком ячменной культуры, то же наблюдается в Закавказье <...> агрономы Прикамья единогласно показывают, что полба вытесняется овсом». Нет необходимости утверждать, что ни один селекционер России, постсоветского пространства и даже мира для получения нового селекционного материала, введения в сорт требуемых признаков использует мировое разнообразие культурных растений и их диких сородичей, сконцентрированный в том числе в ВИР. В настоящее время в ФАНЦ Северо-Востока имеется обширная коллекция овса – более 1000 единиц хранения, которая поддерживается путем пересева. В коллекции сохраняются все сорта селекции центра и селекционные линии, выделенные по каким-либо признакам и полученные на основе материала генофонда ВИР, аналогично коллекция ячменя насчитывает более 500 образцов. Актуальность сохранения и поддержания в коллекции образцов собственной селекции определяет адаптивность данных генотипов к местным природно-климатическим условиям и привлечение их в селекционный процесс. Коллекционные и селекционные генофонды культур ежегодно изучают в условиях естественных или искусственных эпифитотий. Инфекционные фоны моделируют по корневым гнилям, фузариозу, головне, корончатой ржавчине, другим заболеваниям. Для этого имеется рабочая коллекция микроорганизмов, включающая более 60 штаммов фитопатогенных грибов. Среди диагностируемых болезней наибольшее развитие в коллекционном питомнике овса отмечено для красно-бурой пятнистости листьев, в зависимости от географического происхождения образцов и их видовой принадлежности наблюдали дифференциацию генофонда по восприимчивости

к заболеванию. Доля высокоустойчивых пленчатых образцов (степень поражения до 10%) составила 28%, голозерных – 12%. В условиях Кировской области не выявлено достоверных (при $P \geq 0,95$) различий между проявлением фузариоза у пленчатых и голозерных образцов. Иммунных генотипов не выявлено, стабильно высокую устойчивость имели пленчатые образцы: 15452 Орфей, 15621 Тройка, к-4251 Кентер, 15327 КСИ 731/01, 15326 КСИ 432/08, 15327 КСИ 731/01, 15330 КСИ 590/05, 15333 КСИ 542/05, 15281 120h2106 (Россия); 15300 ОАС PAISLEY (Канада), 15419 KREZUS (Германия) и голозерные 15554 КСИ 36-14 (Россия), 15086 MF8891-2021 (США), к-3894 BYAS-159 (Беларусь). В селекцию ячменя включены устойчивые к гельминтоспориозным пятнистостям голозерные формы из России (Л-168/16, Л-199/16, Л-223/15, Л-236/10, Л-103/16) и США (Tamalpais), пленчатые Bear (США), Бадьорый (Украина), Медикум 11, Медикум 125 (Казахстан). Среди генофонда отобраны урожайные формы овса пленчатого из Бразилии 15542 и Швеции – 15697, 15700, 15058, среди голозерных 15554 (Россия), к-3892, к-3895, к-3891 и 15461 (Беларусь), 15193 (Болгария), к-2523 и к-4104 (Китай), 15090 (США). Таким образом, изучение генофонда ВИР с целью выявления и включения в селекционный процесс источников селекционно-ценных признаков непрерывно, при этом можно говорить об изменении методов и применении новых технологий в диагностике признаков, в том числе молекулярно-генетических (ПЦР-тестирование). Проводят исследования по оценке эффективности функционирования фотосистем, поскольку рост продуктивности растений напрямую связан с фотосинтезом, с увеличением общей биомассы растения. На примере овса показано, что работа фотосистемы II по поглощению световой энергии у голозерных форм овса статистически выше, чем у пленчатых. Это может косвенно свидетельствовать о меньшем генетическом разнообразии данной группы ввиду того, что селекционная работа с голозерными формами овса ведется в значительно меньших масштабах, чем с пленчатыми.

Результатом использования научных работ Н.И. Вавилова можно считать создание в ФАНЦ Северо-Востока более 80 сортов овса и ячменя, из которых на 2022 год в Госреестре России 16 сортов овса (12 овса пленчатого и 4 голозерного) и 6 сортов ячменя. Государственное испытание проходят сорт ячменя голозерного Спутник, созданный с использованием образца ярового голозерного ячменя из генофонда ВИР к-8730 (Эфиопия) и сорта Омский голозерный. Овес пленчатый Кировский 2, получен от скрещивали овса пленчатого Фауст, созданного для низкоплодородных почв (ФАНЦ Северо-Востока), с голозерным образцом Ману (Германия) и скрещивания после выделения гомозиготной пленчатой линии с сортом Конкур (Россия). В результате использования пленчатых и голозерного образцов новый сорт имеет крупное (масса 1000 зерен 38,5 г), ценное по качеству зерно (натура 573 г/л, пленчатость 23,4%, жира 5,51%, белка 11,58%, выход ядра 76,6%). По данным 2022 г. изучения на Яранском ГСУ Кировской области сорт превысил стандарт на 10,7 ц/га. В 2022 г. на государственное испытание передан новый сорт овса голозерного Нижегородец с урожайностью до 68 ц/га и с высоким качеством зерна (масса 1000 зерен до 30 г, белок до 20,1%, жир до 8,22%, натура до 684 г/л). В основе нового сорта голозерные образцы Вандровник (Польша) и Mernime (Франция), пленчатый Аргамак (Россия). Успех селекции во многом определяет широкое экологическое изучение новых селекционных форм в Нижегородской и Самарской областях, Пермском крае, других регионах России, возможность использования в селекции селекционных форм овса голозерного из Китая (провинция Цзилинь).

Учение Н.И. Вавилова и коллекция ВИР не только основа успеха селекции в России, но и во множестве стран мира. Успешно используют в селекции генофонд ВИР селекционеры Беларуси. Так в селекции овса сорта Асилак использовали более 10 источников, в том числе вида *Avena byzantina*, сорта Белорусский голозерный и Гоша получены методом беккроссов при создании голозерных аналогов пленчатого образца Saturn c.s. (Чехия), в качестве донора голозерности применили образец Цезарь (Германия).

ИЗУЧЕНИЕ ГЕРБАРНОЙ КОЛЛЕКЦИИ ОБРАЗЦОВ ЧИЛИЙСКИХ ВИДОВ КАРТОФЕЛЯ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ МОЛЕКУЛЯРНО- ГЕНЕТИЧЕСКИХ МЕТОДОВ

**Т.А. Гавриленко*, И.Г. Чухина, О.Ю. Антонова, Е.А. Крылова, Л.Ю. Шипилина,
Н.А. Оськина, Л.И. Костина**

Федеральный исследовательский центр Всероссийский институт генетических ресурсов
растений имени Н.И. Вавилова, Санкт-Петербург, Россия, *tatjana9972@yandex.ru

MOLECULAR GENETIC STUDIES OF HERBARIUM SPECIMENS OF CHILEAN POTATO SPECIES

**T.A. Gavrilenko*, I.G. Chukhina, O.Yu. Antonova, E.A. Krylova, L.Yu. Shipilina,
N.A. Oskina, L.I. Kostina**

N.I. Vavilov All-Russian Institute of Plant Genetic Resources, St. Petersburg, Russia,
*tatjana9972@yandex.ru

Информация, которая хранится в виде гербарных коллекций, не устаревает со временем и является основой для изучения биоразнообразия. Привлечение ДНК-технологий в изучении исторических гербарных образцов открывает новые возможности в исследованиях широкого круга проблем – вопросов филогении, доместикиции, истории интродукции, анализу генетического разнообразия культурных видов и их дикорастущих родичей в первичных и вторичных центрах разнообразия. В конце 1920-х – начале 1930-х годов Гербарий культурных растений мира, их диких родичей и сорных растений (WIR) Всероссийского научно-исследовательского института растениеводства им. Н.И. Вавилова (Гербарий ВИР) пополнился оригинальной коллекцией образцов культурных видов картофеля, собранных в разных странах Южной Америки экспедициями С.В. Юзепчука и С.М. Букасова, организованными Н.И. Вавиловым. Данная коллекция послужила первичным материалом, на основе которого были описаны новые таксоны культурных видов картофеля и их внутривидовых таксонов (Юзепчук, Букасов, 1929; Букасов, 1933; Юзепчук, 1937; Лехнович, 1983), а также была сформирована гипотеза о полицентрическом происхождении культурного картофеля в районе перуано-боливийского высокогорья и независимо – в районе южного Чили (Юзепчук, Букасов, 1929; Вавилов, 1935).

Чилийские виды картофеля занимают особое место в работах отечественных систематиков. С.В. Юзепчук и В.С. Лехнович описали ряд дикорастущих чилийских видов: *Solanum leptostigma* Juz., *S. molinae* Juz., *S. ochoanum* Lechn., *S. zykini* Lechn., произрастающих в южной части Чили на острове Чилоэ (~41–43° ю. ш.) и прилегающих островах, и считали их предшественниками чилийского культурного картофеля *S. tuberosum* s. str. По мнению зарубежных ботаников, южнее ~35° ю. ш. диких видов картофеля нет, а упомянутые выше виды являются натурализовавшимся в естественных сообществах культурным картофелем (Hawkes, 1956, 1990; Correll, 1962). Большое значение для решения спорных таксономических вопросов имеют научные гербарные коллекции, особенно важны аутентичные гербарные образцы, на основе изучения которых были описаны новые таксоны. После эпифитотии, затронувшей Чили в середине XX века, разнообразие аборигенного чилийского картофеля было в значительной степени утрачено, поэтому образцы, имеющиеся в коллекции Гербария ВИР, загербаризированные в 1929 – начале 1930-х годов, являются едва ли не единственными, фиксирующими это разнообразие.

В наши исследования был включен 61 аутентичный гербарный образец из коллекции Гербария ВИР, из них 30 – номенклатурные типы чилийских видов картофеля и их внутривидовых таксонов. С использованием препаратов ДНК гербарных растений

было проведено изучение полиморфизма 18 локусов пластидной ДНК, включая 15 микросателлитов. В результате проведенных исследований получены новые данные о взаимосвязях чилийского культурного картофеля с дикими чилийскими видами. Результаты, полученные с привлечением аутентичных гербарных образцов, были сопоставлены с данными анализа полиморфизма тех же самых локусов у 48 чилийских образцов из полевой коллекции ВИР, собранных в Южном Чили во второй половине XX века, а также с литературными данными. Полученные нами результаты указывают на существенные изменения в частоте и спектре хлоротипов чилийского культурного картофеля, произошедшие на протяжении XX века, и позволяют сделать выводы о возможных причинах наблюдаемых изменений. Информация об изменениях генетического разнообразия чилийского культурного картофеля важна и для современных селекционно-генетических исследований, поскольку большая часть селекционных сортов картофеля Европы и Северной Америки несут чилийский хлоротип – Т-тип пластидной ДНК, обуславливающий мужскую стерильность гибридных форм.

**«СТРАНА ДЛЯ ФИЛОСОФИИ ЗЕМЛЕДЕЛИЯ ЗАМЕЧАТЕЛЬНАЯ...»:
К 95-ЛЕТИЮ АБИССИНСКОЙ ЭКСПЕДИЦИИ Н.И. ВАВИЛОВА**

Н.П. Гончаров^{1,2}

¹ Федеральный исследовательский центр Институт цитологии и генетики Сибирского отделения Российской академии наук, Новосибирск, Россия, gonch@bionet.nsc.ru

² Новосибирский федеральный исследовательский университет, Новосибирск, Россия

**“A WONDERFUL COUNTRY FOR THE PHILOSOPHY OF AGRICULTURE...”:
CELEBRATING THE 95TH ANNIVERSARY OF N.I. VAVILOV’S ABYSSINIAN
EXPEDITION**

N.P. Goncharov^{1,2}

¹ Institute of Cytology and Genetics, Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences, Novosibirsk, Russia, e-mail: gonch@bionet.nsc.ru

² Novosibirsk Federal Research University, Novosibirsk, Russia

Текущий 2022 год – год юбилея Н.И. Вавилова (1987–1943) и 95-й годовщины его абиссинской экспедиции. Исследование Абиссинии (Эфиопии) было ключевой экспедицией для ВИПБиНК и важной для самого Н.И. Вавилова: в нее он ехал с конкретными целями для подтверждения своих ранее сформулированных гипотез. Неслучайно на борту парохода в Средиземном море, идущем из Мадрида (Испания) в Джибути (Французский Берег Сомали), он написал свои «Мировые центры сортовых богатств (генов) культурных растений» (Вавилов, 1927).

Накануне данной конференции нами в двух выпусках «Писем в Вавиловский журнал генетики и селекции» опубликована с комментариями первая тетрадь его «Абиссинского дневника», иллюстрированная фотографиями, сделанными им в этой же экспедиции. Часть первой тетради «Дневника» и несколько страниц третьей тетради были ранее опубликованы в № 10 журнала «Природа» за 1987 год к столетию со дня рождения Н.И. Вавилова. «Абиссинский дневник» озаглавлен автором «Voyage en Afrique. Сомалия. Абиссиния». И хотя название предполагало его публичность, текст очень труден для прочтения. Отметим, что 1-я тетрадь дневника его абиссинской (эфиопской) экспедиции и небольшая часть 3-й тетради никогда широко не использовались исследователями его творчества.

Маршрут экспедиции Н.И. Вавилова можно проследить по французской карте Абиссинии, которой он пользовался во время экспедиции. Точки его сборов пшеницы уточнены Е.В. Зуевым (ВИР) и опубликованы ранее Е.Д. Бадаевой с соавт. (2018). Карта также позволяет оценить масштаб проведенных Вавиловым исследований.

Подготовка и проведение его абиссинской экспедиции довольно подробно отражены в ряде работ (см., например, С. Резник (1968); Ю.Н. Вавилов, В.Д. Есаков (1987); и др.). Также неоднократно всесторонне рассматривалась и атмосфера ее проведения (Роскин, 1932; Антошин, 2013).

После возвращения на родину летом 1927 г. фотоматериалы экспедиции были оформлены в виде двух альбомов. Часть фотографий из двух альбомов «Абиссиния» и «Абиссиния + Эритрея», опубликована Т.Б. Авруцкой (2022). Они рассматриваются как дорожные документы, дополняющие дневниковые записи.

По результатам средиземноморской экспедиции Н.И. Вавилов (1987) пришел к выводу, что «по всем нашим теоретическим предположениям Восточная Африка должна была характеризоваться самостоятельной культурной флорой, пока еще никем не исследованной, известной лишь по обрывкам флористических исследований» (с. 133). Действительно Эфиопия дала мировому сельскому хозяйству немало аборигенных культурных растений – негритянское просо (*Pennisetum spicatum* (L.) Ktirn. =

P. glaucum (L.) R.Br.), хлебное сорго, или дурра (*Sorghum durra* (Forssk.) Stapf (= *Sorghum bicolor* (L.) Moench. subsp. *bicolor*)), тефф (*Eragrostis tef* (Zucc.) Trotter), лобия, или гиацинтовые бобы (*Lablab purpureus* (L.) Sweet = *Dolichos lablab* L.), нуг абиссинский, или гвизотия (*Guizotia abyssinica* (L.f.) Cass.), кат, или чад (*Catha edulis* (Vahl) Forssk. ex Endl.), кофе (*Coffea arabica* L.), кунжут (*Sesamum indicum* L.), капуста абиссинская (*Brassica carinata* A. Braun) и др., всего около 4% от общего числа всех введенных в культуру растений (Вавилов, 1940). Кроме того, Эфиопия считается вторичным центром, или центром разнообразия для некоторых культур (Щенкова, 1932; Smýkal et al., 2011; Вишнякова и др., 2017; и др.). На древность ее земледелия, по мнению Николая Ивановича, указывают факты использования в пищу семян, а не листьев абиссинского кресс-салата, или фэто (*Lepidium sativum* L.), использование льна обыкновенного, или посевного (*Linum usitatissimum* L.) и теффа как зерновых культур. Им была собрана и монографически обработана богатая коллекция пшениц (Пшеницы, 1931), найден новый эндемичный тетраплоидный вид и описан сначала как *T. abyssinicum* (Vav.) Vav. (Фляксбергер, 1939), а позже М.М. Якубцинером (1947) как *Triticum aethiopicum* Jakubz. При скрещивании вавиловского образца *T. aethiopicum* с местными стародавними сортами твердой пшеницы (*T. durum* Desf.) академик АН АзССР И.Д. Мустафаев создал уникальные по своей пластичности сорта твердой пшеницы осеннего сева 'Джафакри' и 'Севидж' (Якубцинер, 1960). С использованием эфиопского образца также создан выдающийся по продуктивности сорт ярового ячменя 'Одесский 100'.

Результаты экспедиции подробно не рассматривались последние 60 лет (см. Грумм-Гржимайло, 1962). Исключение только результаты сравнительного изучения эфиопских пшениц, собранных с интервалом в 85 лет экспедициями Н.И. Вавилова и JERBE-2012 (Бадаева и др., 2018; Trifonova et al., 2021). В докладе затрагиваются проблемы и стратегия сохранения биоразнообразия *in situ* и *ex situ*.

Работа поддержана бюджетным проектом No. FWNR-2022-0017 (ИЦиГ СО РАН).

СИНТЕТИЧЕСКАЯ ФОРМА *TRITICUM MIGUSCHOVAE* ZHIR. КАК ИСТОЧНИК ГЕНЕТИЧЕСКОГО РАЗНООБРАЗИЯ МЯГКОЙ ПШЕНИЦЫ

Р.О. Давоян, И.В. Бебякина, Э.Р. Давоян, Ю.С. Зубанова, Д.М. Болдаков,
А.С. Зинченко, Л.А. Беспалова

Национальный центр зерна имени П.П. Лукьяненко, Краснодар, Россия,
davoyanro@mail.ru

A SYNTHETIC FORM OF *TRITICUM MIGUSCHOVAE* ZHIR. AS A SOURCE OF BREAD WHEAT GENETIC DIVERSITY

R.O. Davoyan, I.V. Bebykina, E.R. Davoyan, Y.S. Zubanova, D.M. Boldakov,
A.N. Zinchenco, L.A. Bepalova

National Center of Grain named after P.P. Lukyanenko, Krasnodar, Russia, davoyanro@mail.ru

Основой селекции и в частности мягкой пшеницы (*Triticum aestivum* L.) является наличие достаточного генетического разнообразия и эффективных методов ее использования. Как и у многих других сельскохозяйственных культур, интенсивная селекция привела к существенному обеднению генетического разнообразия мягкой пшеницы. Большой интерес в качестве источников хозяйственно ценных признаков представляют виды с геномом GGAA – *Triticum timopheevii* Zhuk. и его естественный мутант *Triticum militinae* Zhuk. et Migusch., а также *Aegilops tauschii* Coss. (DD).

Для передачи ценных признаков и, в первую очередь, устойчивости к болезням от этих видов мягкой пшенице в качестве «генетического мостика» использовалась синтетическая форма *T. miguschovae* (GGA^tA^tDD), у которой к геномам GA от *T. militinae* добавлен геном D от *Ae. tauschii*. К настоящему времени получено более 300 интрогрессивных линий мягкой пшеницы, большинство из которых несут групповую устойчивость к двум и более грибным болезням. Анализ 146 цитологически стабильных линий по устойчивости к листовой ржавчине (*Puccinia triticina* Erikss.), желтой ржавчине (*P. striiformis* f. sp. tritici), мучнистой росе (*Blumeria graminis* f. sp. tritici) и септориозу (*Septoria tritici* Robergeet. Desm) за 2019–2022 г. выявил 52 линии, устойчивые к двум, 47 – к трем и 30 – к четырем болезням. ПЦР и гибридологическим анализами установлено, что линии могут отличаться по генам устойчивости к листовой ржавчине между собой и от известных, ранее переданных от *T. timopheevii* и *Ae. tauschii* эффективных генов *Lr39* и *Lr50*. Полученные линии имеют большой полиморфизм и по другим признакам. Отобраны линии с высокими показателями белка (17–18%), с хорошими технологическими свойствами зерна и муки. Анализ компонентного состава глиадина выявил линии, отличающиеся по таковой от сортов-реципиентов. Цитологическим анализом установлено, что передача генетического материала от *T. miguschovae* в мягкую пшеницу происходит в основном посредством транслокаций и замещений целых хромосом, реже через рекомбинации. Методом дифференциальной окраски хромосом (С-бендинг) выявлены линии с транслокациями T2BL.2BS-2GL, 5BS.5BL-5GL, T6BS.6BL-6GL от *T. militinae* и замещенными хромосомами 1D(1D^t), 4D(4D^t), 5D(5D^t) и 6D(6D^t) от *Ae. tauschii*. Замещения 4D(4D^t), 5D(5D^t) и 6D(6D^t) идентифицированы впервые. Таким образом, использование синтетической формы *T. miguschovae* позволило получить новый, генетически разнообразный материал мягкой пшеницы, который успешно применяется в селекционной работе. К настоящему времени созданы 5 сортов озимой мягкой пшеницы: ‘Жировка’, ‘Фишт’, ‘Восторг’, ‘ГРОМ’ и ‘Багра́т’.

ИЗУЧЕНИЕ ГЕНОФОНДА РОДА *PRUNUS* L. В ГЕНЕТИЧЕСКОЙ КОЛЛЕКЦИИ КРЫМСКОЙ ОСС И ЕГО ИСПОЛЬЗОВАНИЕ В СЕЛЕКЦИИ КОСТОЧКОВЫХ ПЛОДОВЫХ КУЛЬТУР

Г.В. Еремин, В.Г. Еремин

Федеральный исследовательский центр Всероссийский институт генетических ресурсов растений имени Н.И. Вавилова, Крымская опытно-селекционная станция – филиал ВИР, Крымск, Россия, kross67@mail.ru

STUDYING THE GENE POOL OF THE GENUS *PRUNUS* L. IN THE GENETIC COLLECTION AT KRYMSK EXPERIMENT BREEDING STATION OF VIR AND ITS USE IN THE BREEDING OF STONE FRUIT CROPS

G.V. Eremin, V.G. Eremin

N.I. Vavilov All-Russian Institute of Plant Genetic Resources, Krymsk Experiment Breeding Station of VIR, Krymsk, Russia, kross67@mail.ru

На Крымской ОСС филиале ВИР с середины прошлого века проводилось и продолжает проводиться изучение генофонда видов рода *Prunus* L., сосредоточенного в коллекционных насаждениях станции с целью выделения доноров и источников хозяйственно ценных признаков для дальнейшего использования в селекции косточковых плодовых культур. Помимо выделения из образцов этой коллекции генотипов, обладающих селекционно значимыми признаками, и использования их в практической селекции – выращивание генотипов различного происхождения в сравнимых условиях – позволило точнее обосновать систематическое положение и проследить генетические связи между видами, что дало возможность использовать конкретные коллекционные образцы в различных селекционных программах с учетом выявленных особенностей. В результате этой работы, проведенной в генетической коллекции, включающей отдаленные гибриды видов рода *Prunus*, внесены уточнения в систему этого рода по Focke, а также предложена внутривидовая классификация для ряда наиболее полиморфных видов рода *Prunus*. Наибольшие изменения внесены для подрода *Prunofora*, в котором выделены секции *Prunus*, *Armeniaca*, *Microcerasus* и *Amygdalopsis*; в подрode *Amygdalus* выделены секции *Persica*, *Amygdalus*, *Chamaeamygdalus* и *Emplectocladus*, в подродах *Cerasus* – секции: *Cerasus*, *Eucerasus*, *Pseudocerasus*, *Mahaleb* и *Labopetalum*.

Руководствуясь положением Н.И. Вавилова о виде как сложной биологической системе, проведена классификация внутривидовых таксонов у наиболее полиморфных видов рода *Prunus*.

Алыча – *P. cerasifera* subsp. *cerasifera*, subsp. *orientalis*, subsp. *macrocarpa*; у терна – *P. spinosa*: subsp. *spinosa*, subsp. *australis*, subsp. *boreali-orientalis*; у миндаля низкого (бобовника) – subsp. *nana*, subsp. *georgica* и subsp. *ledebouriana*.

У алычи выделен подвид (subsp. *macrocapra*) – сортоотипы местных сортов различных регионов в разновидности: таврическая – var. *taurica*, грузинская – var. *georgica*, армянская – var. *armeniaca*, иранская – var. *iranica*.

Выявлено проявление генетической несовместимости при скрещивании видов в зависимости от степени их родства. Выделены четыре уровня проявления межвидовой несовместимости при их гибридизации:

- 1 уровень. В F₁ гибриды нормально плодоносят, но фертильность пыльцы снижается – это проявляется при гибридизации видов одной секции.
- 2 уровень. Снижаются и мужская, и женская стерильности соответственно у гибридов F₁ между видами разных секций одного подвида.

- 3 уровень. Отмечается женская стерильность и частичная мужская фертильность. Наблюдается у гибридов F₁ при скрещивании видов различных подвидов, в частности, между видами *Prunofora* и *Amygdalus*.

- 4 уровень. Гибридного потомства между видами подвидов *Cerasus*, *Padus*, *Amygdalocerasus* и этих видов с видами *Prunofora* и *Amygdalus* не получается.

При гибридизации между видами различной плодовитости удается преодолеть бесплодную или пониженную плодовитость с использованием аутополиплоидов родительской формы с меньшим числом хромосом или удвоением хромосом у три- или пентаплоидов, при этом получают автоплоиды. С этой же целью для гибридизации с полиплоидным видом можно использовать формы, образующие гаметы с нередуцированным набором хромосом.

Отдаленная гибридизация и полиплоидия эффективно используются при проведении предварительной селекции. При этом нужно учитывать, что особенно большой полиморфизм характерен для гибридов, полученных с участием видов, отличающихся по происхождению из регионов с контрастными природными условиями.

В нашей селекционной работе использование предварительной селекции позволило получить ценные доноры и эффективно использовать их в селекции сортов и клоновых подвоев косточковых культур. Результатом работы стало выведение 68 сортов и подвоев на Крымской ОСС, которые включены в Госреестр селекционных достижений, допущенных к использованию в РФ.

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ВАВИЛОВСКИХ ПОДХОДОВ К ФИЛОГЕНИИ И ЭВОЛЮЦИИ РОДА *AVENA* L.

И.Г. Лоскутов

Федеральный исследовательский центр Всероссийский институт генетических
ресурсов растений имени Н.И. Вавилова, Санкт-Петербург, Россия, i.loskutov@vir.nw.ru

USING VAVILOV'S APPROACHES TO THE PHYLOGENY AND EVOLUTION OF THE GENUS *AVENA* L.

I.G. Loskutov

N.I. Vavilov All-Russian Institute of Plant Genetic Resources, St. Petersburg, Russia,
i.loskutov@vir.nw.ru

Рассматривая научное наследие Николая Ивановича Вавилова, трудно указать, где кончаются его исследования как ботаника и начинаются изыскания растениевода и этнографа, невозможно также провести границы между его трудами селекционного, растениеводческого и генетического характера. Все его труды имели большое научное значение и определили поворот в теории и в методах исследования. Он всегда шел новыми путями и пытался взглянуть на исследуемый им мир растений с новой, еще неизвестной точки зрения.

Центральной проблемой, которую Н.И. Вавилов разрабатывал всю свою жизнь, было учение о мировом генофонде культурных растений. Оно включает в себя ряд его крупных теоретических обобщений, определивших новые пути в теории интродукции и прикладной ботанике, сыгравших видную роль в развитии генетики и селекции сельскохозяйственных культур во всем мире. Теоретическую основу этого учения составили: закон гомологических рядов в наследственной изменчивости, разработки проблемы вида как системы, ботанико-географические основы селекции и центральная теория центров происхождения культурных растений (Loskutov, 1999; 2009).

Подводя итог своей плодотворной работы по видообразованию, Н.И. Вавилов опубликовал работу под названием «Линнеевский вид как система», основные положения которой были доложены в 1930 г. на V Международном ботаническом конгрессе в Кембридже (Великобритания) (Vavilov, 1931). В этой статье он говорит, что детальное изучение состава видов на основе закона гомологических рядов позволило обнаружить колоссальное разнообразие форм, открыть тысячи новых разновидностей, рас, неизвестных ботанику и селекционеру, многие из которых представляют большой практический интерес. Концепция линнеевского вида как закономерной системы здесь представляется весьма существенной как для практических целей изучения культурных растений, так и для изучения основных вопросов эволюционного процесса. Подойти вплотную к изучению этого процесса можно понимая линнеевский вид как сложную систему, а не по фрагментам, по которым обычно описываются виды. Решение основных вопросов эволюции в конкретном подходе не может быть сделано без учета вида как сложной системы форм (генотипов). Генетика отдельных видов дает представление о наследственной природе вида только тогда, когда она будет базироваться не на случайных нескольких сортах, полученных от семенных фирм, без указания места происхождения, без паспорта, в лучшем случае с названием, а на определенно подобранном, хотя бы выборочном материале, учитывая вид как сложную систему (Вавилов, 1965).

В своих работах Вавиловым было уделено большое внимание эволюции и филогении всего рода *Avena* L. В 1927 г. Вавилов определенно говорил о четырех связанных происхождением основных генетических группах культурного овса: *A. sativa* L. – *A. fatua* L.; *A. byzantina* K. Koch – *A. sterilis* L.; *A. strigosa* Schreb. – *A. barbata*

Pott; *A. abyssinica* Hochst. Особенно запутанной была первая, чрезвычайно полиморфная группа *A. sativa*, происхождение которой связано с Азией (Vavilov, 1992).

Планомерное исследование сортового разнообразия и отдельных видов рода в целом дает информацию о локализации центров их формообразования, эволюции и доместики (Loskutov, 2007). Виды рода *Avena* отличаются большим морфологическим и эколого-географическим разнообразием, а местные сорта высокой адаптивностью.

Все разнообразие видов культурного овса, как было доказано Н.И. Вавиловым (Vavilov, 1992), имеет сорно-полевое происхождение. С распространением видов на север, в более влажные условия произрастания, овес вытеснял основные культуры, которые он засорял, и сам становился самостоятельно возделываемым растением. Этот процесс можно наглядно проследить в Испании на примере культурного диплоидного вида *A. strigosa*, в Эфиопии – *A. abyssinica*, в Турции и Иране – *A. byzantina* и на сорно-полевых формах *A. sativa* convar. *asiatica* и *A. sativa* convar. *volgensis* (Loskutov, 2007).

Изучение комплекса морфологических признаков не дает полного представления об эволюционном и систематическом положении некоторых видов и форм овса. Перспективными для исследования полиморфизма овса являются активно разрабатываемые методы и подходы с использованием ДНК-маркеров и геномных технологий.

Комплексное изучение репрезентативного набора образцов с широким эколого-географическим разнообразием всех четырех культурных и 21 дикого вида рода *Avena*, имеющих разный уровень пloidности, из коллекции Всероссийского института генетических ресурсов растений им. Н.И. Вавилова (ВИР) показало большое внутривидовое разнообразие изученных признаков.

Изучение, проведенное с использованием техники RAPD-анализа, продемонстрировало возможность разделения представителей различных видов овса в соответствии с их геномным составом, уровнем пloidности и внутривидовой дифференциации. Была подтверждена эволюционная удаленность диплоидных видов с геномом С от всех других видов овса. В то же время была установлена связь между тетраплоидными видами с геномом АС и всеми гексаплоидными видами. Подтвердилась правильность систематической обособленности следующих пар видов: *A. pilosa* и *A. clauda*, *A. magna* и *A. murphyi*, *A. sativa* и *A. byzantina*.

В дальнейших исследованиях были использованы методы секвенирования по Сэнжеру и секвенирования следующего поколения (Roche 454, NGS) на платформе Illumina. С помощью локус-специфичного секвенирования исследовали внутригеномный полиморфизм внутренних транскрибируемых спейсеров ITS1-локусов 35S рРНК.

Проведенный с помощью методов NGS филогенетический анализ представительного внутривидового разнообразия культурных и диких видов рода *Avena* показывает, что диплоидные виды с А-геномом (варианты А1, Ар и Аs-геномов) в действительности являются не первичными диплоидами, а своеобразным средиземноморским интрогрессивно-гибридизационным комплексом видов, спорадически вступающих в межвидовые гибридизации. Определено, что вклад диплоидного дикого вида *A. canariensis*, считающегося донором А-генома для гексаплоидов, в геномную конституцию гексаплоидов (АСD) незначителен, а сам он, по полученным данным, гибридного происхождения: в его формировании принимали участие два предковых вида с близкими, но не идентичными риботипами. Установлено, что тетраплоидный культурный вид *A. abyssinica*, вероятнее всего, происходит от дикорастущего *A. vaviloviana*. При этом вид *A. agadiriana* Baum et Fedak, считавшийся ранее предковым для *A. abyssinica* и его группы родства, формирует отдельные уникальные субгеномы (семейства риботипов). Анализ путей одомашнивания трех культурных видов овса: *A. abyssinica*, *A. sativa*, *A. byzantina* показал, что наиболее массовый риботип гексаплоида *A. sativa* унаследован от *A. ludoviciana*, а второй по массовости – от *A. magna* Murphy

et Terr. Культурный вид *A. byzantina* обладает двумя уникальными семействами риботипов, скорее всего, унаследованными от вымершего вида овса или криптовида, до сегодняшнего момента, не обнаруженного (Gnutikov et al., 2022).

МОДЕЛЬНЫЙ ПОДХОД К ОПТИМИЗАЦИИ СОРТИМЕНТА ЯРОВОЙ ПШЕНИЦЫ В УСЛОВИЯХ ВОЗРАСТАНИЯ ЧАСТОТЫ ЗАСУХ

Л.Ю. Новикова*, Е.В. Зуев

Федеральный исследовательский центр Всероссийский институт генетических ресурсов растений имени Н.И. Вавилова, Санкт-Петербург, Россия, *l.novikova@vir.nw.ru

A MODEL APPROACH TO OPTIMIZATION OF THE SPRING WHEAT ASSORTMENT UNDER THE CONDITIONS OF INCREASING FREQUENCY OF DROUGHTS

L.Yu. Novikova*, E.V. Zuev

N.I. Vavilov All-Russian Institute of Plant Genetic Resources, St. Petersburg, Russia, *l.novikova@vir.nw.ru

Каждые дополнительные $0,5^{\circ}\text{C}$ глобального потепления вызывают четко различимое увеличение интенсивности и частоты экстремальных событий, в частности, с 1950-х гг. растет число засух. Стресс от засухи является одним из наиболее важных негативных факторов производства сельскохозяйственных культур в аридных и полуаридных регионах мира. Сорта с большей потенциальной продуктивностью более чувствительны к экологическим стрессам, и засухоустойчивость часто сопровождается низкой урожайностью генотипа в условиях оптимального увлажнения. Некоторые исследователи предпочитают отбор образцов при благоприятных условиях, другие – в стрессовых, третьи – в средних между стрессовыми и нестрессовыми условиями. Для оценки засухоустойчивости широко используется метод сравнения урожайности образцов в благоприятных (Y_p) и стрессовых условиях (Y_s) различными индексами, характеризующими разные аспекты засухоустойчивости.

Цель настоящего исследования – прогноз набора лучших образцов и лучшего набора индексов для климатических условий моделированием средней урожайности образца в климатических условиях с разной частотой засухи.

Использованы данные опыта на ст. Кинель (Самарская обл.) в 1965–1985 гг. (без 1976, 1982 гг., 19 лет), в котором коллекция пшеницы исследовалась на поливе и богаре. Исследованы 2374 образцов, каждый образец от 1 до 14 лет. Полевые и лабораторные оценки проведены согласно методическим указаниям ВИР. Посев образцов проводили в оптимальные сроки на делянках $1\text{--}2\text{ м}^2$ по чистому пару. Для анализа связи урожайностей образцов использован метод ранговых корреляций по Спирмену. По урожайностям образцов в наиболее засушливый год рассчитаны средние урожайности образцов при различной частоте такой засухи, т.е. нескольких модельных значениях климата. Для каждого образца и каждого такого климата рассчитаны 8 наиболее распространенных независимых индексов засухоустойчивости и их корреляции со среднепогодной урожайностью.

Станция Кинель ($53^{\circ}15'\text{N}$, $50^{\circ}38'\text{E}$) расположена в Самарской обл., в зоне умеренно континентального климата с недостаточным увлажнением. Погодные условия периода эксперимента 1965–1985 гг. характеризовались варьированием ГТК от 0,391 до 1,304 (в среднем 0,818). Климат Самарской области значительно потеплел в последние десятилетия, увеличилась его нестабильность: сумма активных температур составляла в среднем 2664°C в 1961–1990 гг. и увеличилась до 2970°C в 1991–2021; сумма осадков за период активной вегетации между периодами значимо не изменилась, ГТК уменьшился с 0,903 в 1961–1990 гг. до 0,768 в 1991–2021 гг. Годы с ГТК $< 0,6$ (засуха) в 1961–1990 наблюдались 5 лет, т. е. 16,7% лет, в 1991–2021 гг. – 11, т. е. 35,5%, лет.

Средняя по выборке урожайность на поливе варьировала по годам от 197,8 до $369,5\text{ г/м}^2$; на богаре от 70,7 до $231,4\text{ г/м}^2$; относительное снижение урожайности

на богаре составило от 24 до 71% в разные годы, в среднем 42%. Корреляции урожайности сорта на поливе и богаре были положительны во все годы исследования, варьировали за 19 лет изучения от 0,16 до 0,75. В наиболее стрессовые годы связь между Y_p и Y_s уменьшалась, в год с наиболее сильной засухой – 1967 – корреляция урожайности на богаре и поливе наименьшая 0,16. Литературные данные подтверждают, что при высоком дефиците влаги связь урожайности в благоприятных и неблагоприятных условиях может отсутствовать, выявляется индивидуальный характер реакции образцов.

Моделирование средней урожайности при разной доле лет, подобных 1967 (0, 10%, 20%, ..., 90%, 100%), для 318 исследованных в 1967 г. образцов показало, что при различной степени засушливости наибольшую среднюю урожайность будут иметь разные наборы образцов. Например, при степени засушливости 30% в десятку лучших войдут сорта, занимающие высокие места по урожайности на поливе (1–6, 9, 11, 13, 14), и имеющие на богаре разный рейтинг (1, 2, 3, 14, 30, 72, 116, 122, 169, 242). При вероятности засухи 70% в десятку сортов с наибольшей средней урожайностью войдут сорта с широким диапазоном рейтингов как на богаре (1–3, 5, 7, 13, 14, 21, 30, 72), так и на поливе (1–4, 11, 13, 14, 47, 52, 60, 151). Таким образом, оптимальный с точки зрения средней урожайности набор образцов тесно связан с частотой экстремальных явлений и индивидуальными особенностями реакции образцов.

Анализ пригодности 8 индексов засухоустойчивости для прогнозирования урожайности в 11 модельных климатических условиях показал, что высокие, больше 95%, корреляции со средней урожайностью разные индексы давали в условиях разной степени засушливости. Для условий 100% засушливости наилучшим предиктором является урожайность в стрессовых условиях Y_s .

$$80-90\% \text{ лет с засухой: } MSTK2 = \left(\frac{Y^2}{\bar{Y}^2} \right) * STI \quad (Naderi et al., 1999), \quad HAM = \frac{2Y_p Y_s}{Y_p + Y_s} \quad (Kristin et al., 2010)$$

$$70-90\% \text{ лет с засухой: } STI = \frac{Y_p Y_s}{Y_p^2} \quad (Fernandez, 1992);$$

$$40-70\% \text{ лет с засухой: } MSTK1 = \left(\frac{Y^2}{\bar{Y}^2} \right) * STI \quad (Naderi et al., 1999);$$

$$30-60\% \text{ лет с засухой: } MP = \frac{Y_s + Y_p}{2} \quad (Rosielle and Hamblin, 1981).$$

Для условий редкой засухи, 0–30%, лучший предиктор урожайность в благоприятных условиях Y_p .

Три индекса не показали высокой прогностической способности ни для каких климатических условий:

$$TOL = Y_p - Y_s \quad (Rosielle and Hamblin, 1981); \quad DI = \frac{Y_s Y_p}{Y_s} \quad (Lan, 1998); \quad YSI = \frac{Y_s}{Y_p} \quad (Bouslama and Schapaugh, 1984).$$

Для стабилизации урожайности пшеницы в условиях наблюдающегося потепления и перспективе возрастания аридности и нестабильности климата в южных регионах РФ для снижения рисков необходима оптимизация сортимента с учетом прогнозируемой степени повышения частоты засух и индивидуальной реакции образцов использованием модельных подходов. Выбор индексов для сравнительной оценки засухоустойчивости сортов также должен базироваться на прогнозируемой частоте засух.

ГЕНЕТИЧЕСКИЕ РЕСУРСЫ РАСТЕНИЙ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ И ИХ РОЛЬ В СЕЛЕКЦИИ

Ф.И. Привалов, И.С. Матыс, А.С. Лавникевич

РУП «Научно-практический центр Национальной академии наук Беларуси по земледелию», Жодино, Республика Беларусь, belgenbank@izis.by

PLANT GENETIC RESOURCES OF THE REPUBLIC OF BELARUS AND THEIR ROLE IN BREEDING

F.I. Pryvalau, I.S. Matys, A.S. Launikevich

Research and Practical Center of National Academy of Sciences of the Republic of Belarus for Arable Farming, Zhodino, Republic of Belarus, belgenbank@izis.by

Генетические ресурсы растений являются стратегическим ресурсом и основой устойчивого производства продукции растениеводства в стране, необходимы для создания новых высокоэффективных отечественных сортов и гибридов, а их сохранение является основой продовольственной безопасности. Н.И. Вавилов особое внимание уделял сбору, созданию и поддержанию мировой коллекции возделываемых культур и неоднократно подчеркивал ее роль для хозяйственного использования и создания новых сортов. Большое значение для селекции сельскохозяйственных культур имеет тщательно подобранный и комплексно изученный исходный материал.

История сохранения генетических ресурсов растений в Республике Беларусь уходит в далекое прошлое. В 1841 году был создан ботанический сад в Горы-Горецкой земледельческой школе (г. Горки), а в 1847 г. – дендрарий, где были собраны уникальные по количеству видов и сортов коллекции сельскохозяйственных культур, а также различные виды и формы древесно-кустарниковых растений, создан ботанический гербарий местных растений. В 1925 году в Беларуси по инициативе Всесоюзного института прикладной ботаники и новых культур было открыто Белорусское отделение данного института в Лошице-1 (г. Минск), а в настоящее время это Институт плодоводства. С образованием Белорусского научно-исследовательского института лесного хозяйства в 1930 году (ныне ГНУ «Институт леса НАН Беларуси») была начата работа по сохранению и рациональному использованию генофонда основных лесообразующих видов. В 1932 г. создано Государственное научное учреждение «Центральный ботанический сад академии наук БССР». В 70-х годах XX века целенаправленная работа по изучению генетических ресурсов зерновых культур в Беларуси проводилась в Белорусском НИИ земледелия, г. Жодино, где на протяжении 20 лет (1972–1992 гг.) успешно функционировал Белорусский опорный пункт, филиал ВИР им. Н.И. Вавилова по зерновым культурам. После распада СССР имеющийся генофонд растений стал объектом национализации в суверенных странах бывшего Союза. Его сохранение, изучение и использование становится актуальной научно значимой проблемой. Возникли закономерные затруднения, поскольку был нарушен систематический обмен коллекционным материалом как между республиками в целом, так и между ведущими учреждениями. В этих условиях назрела необходимость формирования национального генетического фонда ресурсов растений страны. 4 июня 1999 г. 11 государствами – участниками СНГ, включая и Республику Беларусь, было подписано Межправительственное соглашение о сотрудничестве в области сохранения и использования генетических ресурсов культурных растений. В соответствии с поручением Президента Республики Беларусь А.Г. Лукашенко в 2000 году была разработана Государственная программа «Генофонд растений», которая служит основой для реализации государственной политики в области сбора, сохранения и устойчивого использования ГРРПСХ с целью последующего их использования для нужд науки

и экономики страны. В настоящее время программа направлена на мобилизацию, сохранение, изучение и использование генетических ресурсов растений в Республике Беларусь для создания высокопродуктивных сортов и гибридов, так как селекция ведется по 80 видам сельскохозяйственных культур. Национальная коллекция генетических ресурсов растений к 2022 году насчитывает более 90 тыс. образцов. В результате выполненных исследований и экспедиционных обследований на территории Республики Беларусь впервые сформированы целевые признаковые, генетические, стержневые и учебные коллекции по наиболее значимым в экономическом отношении полевым сельскохозяйственным, плодовым, ягодным культурам и лесообразующим породам. В состав коллекции входят:

- коллекции семян генетических ресурсов сельскохозяйственных растений, которые хранятся в генбанке и включают в свой состав местные, стародавние сорта и селекционные сорта, гибриды, мутанты, генетические линии зерновых, зернобобовых, крупяных, кормовых, масличных, технических, овощных, а также лекарственных и пряноароматических культур, природных популяций хозяйственно полезных видов в количестве более 46,7 тыс. образцов, среди них – образцы белорусского происхождения (46%) и других стран мира (54%), которые сохраняются в условиях генбанка;

- коллекции плодовых, ягодных, орехоплодных культур и винограда РУП «Институт плодоводства» в количестве 5627 образцов, которые сохраняются в полевом генбанке на площади 20 га;

- коллекция картофеля РУП «Научно-практический центр НАН Беларуси по картофелеводству и плодоовощеводству» насчитывает 2696 образцов. Базовая коллекция белорусских сортов картофеля *in vitro* – 61 сорт;

- коллекции цветочных, декоративных, древесных и кустарниковых, оранжерейных, лекарственных и пряно-ароматических растений сохраняются в ГНУ «Центральный ботанический сад НАН Беларуси» (около 100 га), коллекционный фонд составляет 15490 образцов;

- лесные генетические ресурсы растений сохраняются в ГНУ «Институт леса НАН Беларуси» по двум направлениям: сохранение ценного генофонда популяций и видов 104 образцов;

- ДНК-коллекции включают 2983 образца сельскохозяйственных культур и хранятся в ГНУ «Институт генетики и цитологии НАН Беларуси».

За последнее десятилетие Республика Беларусь достигла значительного прогресса в создании признаковых коллекций, которые позволяют селекционерам более эффективно подбирать коллекционный материал, что освобождает от необходимости многократной сортировки исходного селекционного материала. Коллекции генетических ресурсов растений Национальный банка семян Научно-практического центра НАН Беларуси по земледелию, коллекции картофеля Научно-практического центра НАН Беларуси по картофелеводству и плодоовощеводству, Института плодоводства, Центрального ботанического сада, Института леса, генетические, ДНК-коллекции растений Института генетики и цитологии НАН Беларуси включены в Государственный реестр научных объектов, составляющих национальное достояние.

Обеспечено участие Республики Беларусь в деятельности международной сети по генетическим ресурсам растений, научное сотрудничество с международными центрами сельскохозяйственных исследований и международными генбанками. Разработана Национальная стратегия по сохранению и устойчивому использованию генетических ресурсов растений для производства продовольствия и ведения сельского хозяйства в Республике Беларусь на 2021-2035 гг.

На основе использования генетических ресурсов растений в Республике Беларусь за период 2000–2022 гг. создано более 1000 сортов культурных растений. Удельный вес сортов в посевах зерновых, зернобобовых, крупяных, крестоцветных, кормовых культур Республики Беларусь составляет 75%. В составе природной флоры сохраняется 71 редкий вид диких растений, нуждающихся в охране и включенных в Красную книгу Республики Беларусь.

ГЕНЕТИЧЕСКОЕ РАЗНООБРАЗИЕ ВОЗДЕЛЫВАЕМЫХ РАСТЕНИЙ ПО УСТОЙЧИВОСТИ К ТЛЯМ

Е.Е. Радченко

Федеральный исследовательский центр Всероссийский институт генетических ресурсов растений имени Н.И. Вавилова, Санкт-Петербург, Россия, eugene_radchenko@rambler.ru

GENETIC DIVERSITY OF CULTIVATED PLANTS IN THE CONTEXT OF APHID RESISTANCE

E.E. Radchenko

N.I. Vavilov All-Russian Institute of Plant Genetic Resources, St. Petersburg, Russia,
eugene_radchenko@rambler.ru

Фитосанитарная дестабилизация, обусловленная нарушением биocenотического равновесия, повлекла значительные экономические потери и существенное расширение состава доминантных вредных организмов. За последние годы во многих регионах мира наблюдается возрастание вредоносности тлей, питающихся на возделываемых растениях. Селекция устойчивых генотипов растений – радикальный, наиболее дешевый и экологически безопасный способ борьбы с вредителями. Для большинства экономически важных фитофагов присуще дифференциальное взаимодействие с генотипами хозяина, которое подчиняется отношениям «ген для гена». Для генов устойчивости растений характерны тесное сцепление и множественный аллелизм. Реализующийся генотип растения зависит от биотипа фитофага – т. е. у одного и того же сорта в разных ареалах вредителя могут проявляться и разные гены устойчивости. Гены устойчивости различаются в отношении стабильности проявления. В «вертикальных» системах взаимодействия всегда присутствуют малые гены устойчивости и вирулентности, а часто достаточно высокий уровень устойчивости к тлям может контролироваться слабым фенотипическим проявлением. Литературные сведения о механизмах конституциональной устойчивости растений к тлям весьма обширна. Обсуждаются различные анатомо-морфологические особенности растений (опушение, восковой налет и т. п.). Выявлены растительные белки, обладающие пестицидной активностью; обсуждается роль вторичных метаболитов растений (терпеноидов, фенолов, флавоноидов, алкалоидов, глюкозинолатов). Генетический контроль биосинтеза ряда защитных соединений хорошо изучен – например, синтез присутствующих в растениях злаковых культур гидроксамовых кислот (ДИМБОА, ДИБОА) и родственных им соединений. В последние годы интенсивно исследуется индуцируемая устойчивость растений к фитофагам. Так, заселение злаков тлями сопровождается выделением этилена, в растениях повышается содержание ингибиторов трипсина и химотрипсина, накапливается пероксид водорода и повышается активность пероксидазы, индуцируется накопление PR-белков (pathogenesis-related proteins) – хитиназ и β -1,3-глюканаз. Устойчивость растений к вредителям связывают с реакцией сверхчувствительности – защитной реакцией растения, проявляющейся в быстром локальном отмирании клеток в ответ на проникновение вредного организма и сопровождающейся накоплением в погибших клетках токсических продуктов. Внешнюю линию защиты растений обеспечивают находящиеся на поверхности клетки трансмембранные паттерн-распознающие рецепторы (PRR), которые узнают консервативные ассоциированные с вредным организмом молекулярные структуры (паттерны) (PAMP). Основными трансмембранными рецепторами являются рецептор-подобные киназы (RLK) и рецептор-подобные белки (RLP). Внутреннюю линию защиты обеспечивают кодируемые генами устойчивости цитоплазматические рецепторы, большая часть которых принадлежит к консервативному семейству белков NLR, характеризующихся наличием нуклеотид-

связывающих (NBS) и обогащенных лейцином (LRR) доменов. Эффекторные белки могут распознаваться непосредственно рецепторами NLR клетки, либо опосредованно, через модификации ассоциированных с NLR белков хозяина. Клонированы два NBS-LRR-гена устойчивости возделываемых растений к насекомым: *Mi-1.2*, который контролирует специфическую устойчивость томата к картофельной тле, нематодам и белокрылке, а также *Vat*, обуславливающий устойчивость дыни к бахчевой тле и вирусам. Возрастающая генетическая однородность возделываемых культур способствует ускорению адаптивной микроэволюции вредных организмов. Результаты многочисленных исследований показывают, что по характеру фенотипического проявления и наследования нельзя отличить потенциально преодолеваемую насекомыми устойчивость от непреодолеваемой (длительной). И большие, и малые гены устойчивости возделываемых культур к тлям дифференциально взаимодействуют с генотипами вредителей. Следовательно, возможность приспособления насекомых вполне очевидна в обоих случаях. Специфичность отношений растений-хозяев с тлями обсуждается в многочисленной литературе уже более семидесяти лет. За эти годы было выявлено достаточно большое число устойчивых форм, некоторые из них использовались в селекции и, к сожалению, неизбежно утрачивали эффективность. Предположили, что причину длительного сохранения устойчивости следует искать не в механизмах взаимодействия паразита и хозяина, а в негативных для фитофага последствиях соответствующей мутации вирулентности. В системе взаимодействия сорго – обыкновенная злаковая тля получили данные, подтверждающие гипотезу о связи редкой вирулентности фитофага с пониженной жизнеспособностью. Рациональная стратегия селекции предусматривает, прежде всего, расширение генетического разнообразия возделываемых сортов. В зависимости от особенностей культуры удельное значение того или иного способа расширения (поиск устойчивых форм среди культивируемых видов, интрогрессия, мутагенез) может быть разным. Известно также несколько способов восстановления генетического разнообразия возделываемых культур: чередование во времени сортов с разными генами устойчивости; смешанные посевы – культивирование смесей генетически разнородных сортов или даже культур, выровненных только по скороспелости; «мозаики», т. е. возделывание одновременно большого числа сортов с разными генами устойчивости в ареале вредителя; селекция мультилинейных сортов, т. е. механических смесей фенотипически сходных линий, различающихся по генам устойчивости; пирамидирование, т. е. объединение в одном генотипе различных факторов устойчивости. Данные стратегии селекции не альтернативны и могут использоваться в любых комбинациях. Необходимо длительное изучение изменчивости популяций тлей по признаку вирулентности к генам устойчивости растения-хозяина для того, чтобы предложить обоснованную схему размещения сортов с разными генами устойчивости. Тем не менее, создание «нерегулярных», то есть ничем не регламентированных мозаик сортов, вполне возможно в настоящее время.

Исследование выполнено при финансовой поддержке Российского фонда фундаментальных исследований (проект № 20-016-00048).

ВЛИЯНИЕ КЛИМАТИЧЕСКИХ ИЗМЕНЕНИЙ НА УСЛОВИЯ РАСТЕНИЕВОДСТВА И АГРОКЛИМАТИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ В ЦЕНТРАЛЬНОЙ ЯКУТИИ

Т.С. Слепцов¹, Н.И. Тананаев^{2,3}, А.С. Попова¹

¹ Федеральный исследовательский центр «Якутский научный центр СО РАН», Якутск, Россия, alexandra.s.popova@gmail.com

² Институт мерзлотоведения им. П.И. Мельникова СО РАН, Якутск, Россия

³ Северо-Восточный федеральный университет, Якутск, Россия

IMPACT OF CLIMATE CHANGE ON CROP PRODUCTION CONDITIONS AND AGROCLIMATOLOGICAL CHARACTERISTICS IN CENTRAL YAKUTIA

T.S. Sleptsov¹, N.I. Tananaev^{2,3}, A.S. Popova¹

¹ Yakut Scientific Center of the Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences, Yakutsk, Russia, alexandra.s.popova@gmail.com

² Melnikov Permafrost Institute of the Siberian Branch of the RAS, Yakutsk, Russia

³ North-Eastern Federal University, Yakutsk, Russia

Глобальное изменение климата оказывает существенное влияние на отрасль растениеводства в Республике Саха (Якутия) в связи с тем, что территория крупнейшего региона РФ расположена в области широкого распространения многолетнемерзлых пород.

В связи с современными тенденциями изменения климата, положительные тренды средней годовой температуры с 1966–2016 гг. ($> 0,6^{\circ}\text{C}/10$ лет) отмечены в Центральной Якутии (Горохов, Федоров, 2018). Вследствие этого происходящие климатические изменения оказывают воздействие на отрасль сельского хозяйства. К негативным примерам воздействия относят разрушения и просадки поверхности земли в результате криогенных процессов, что ведет к сокращению площади пригодных для возделывания земель. Нами было проведено выездное обследование залежных пашен в Чурапчинском районе в Центральной Якутии, подвергнувшихся термокарстовым процессам. Существенное влияние на развитие этого процесса оказывает тип растительности, произрастающей на поверхности таких земель. Вместе с общим потеплением климата ожидается смещение северной границы земледелия в России на более высокие широты. Однако потепление климата и изменение количества осадков в предыдущие годы на территории Якутии было неоднородным и сильно варьировало. Следовательно, нынешние и предполагаемые прогнозы изменения климата Якутии требуют детального исследования в целях изучения их воздействия на растениеводство для оптимального роста производства и расширения ареала сельскохозяйственных культур. Мы рассмотрели влияние климатических параметров, рассчитанных с использованием регионального ансамбля климатических моделей, критических для растениеводства на Севере на примере центральных и заречных сельскохозяйственных зон Республики Саха (Якутия), в которых ведущее место в экономике занимает сельское хозяйство, в том числе растениеводство. Потепление климата и увеличение количества осадков приводит к тому, что вегетационный период станет дольше, что потенциально расширяет спектр подходящих для выращивания важных сельскохозяйственных культур. Также появляется допустимость более раннего посева. Вместе с тем ожидается увеличение количества неблагоприятных погодных явлений, таких как аномальная жара, засуха, суховеи. Ожидается появление нехарактерных для этой местности заболеваний, вредителей, к которым отсутствует устойчивость у возделываемых культур.

Исследование выполнялось в рамках государственного задания ЯНЦ СО РАН «Комплексные междисциплинарные исследования по сохранению и пополнению коллекции генетических ресурсов растений в криолитозоне» (FWRS-2021-0048) (полевые обследования и обработка метеоданных) и при поддержке Российского научного фонда, проект 22-27-00344 (сценарные климатические прогнозы).

ВКЛАД АКАДЕМИКА ВАВИЛОВА В РАЗВИТИЕ СЕЛЕКЦИИ РАСТЕНИЙ КАЗАХСТАНА

Р.А. Уразалиев

ТОО «Казахский НИИ земледелия и растениеводства», Алматинская область, Казахстан,
akbope81.kz@mail.ru

THE CONTRIBUTION OF ACADEMICIAN VAVILOV TO THE DEVELOPMENT OF PLANT BREEDING IN KAZAKHSTAN

R.A. Urazaliev

LLP “Kazakh Research Institute of Agriculture and Plant Growing”, Almaty Region,
Kazakhstan, akbope81.kz@mail.ru

Н.И. Вавилов за короткую, но плодотворную жизнь оставил богатейшее научное наследие, которым пользуются ученые почти всех стран. Считаю целесообразным рассказать о приезде Н.И. Вавилова в Казахстан, Киргизию и сопредельные страны в середине 1920-х годов. Он обследовал с коллегами и учениками ряд оригинальных мест и окрестности Алматы. Особенное впечатление Н.И. Вавилов получил при осмотрах и путешествиях в горные уникальные пояса. Именно здесь была найдена дикорастущая яблоня Сиверса – родоначальник Алма-Атинского Апорта. Он также побывал в оригинальных местах, где находились заросли различных видов деревьев и кустарников: облепиха, калина красная, арония черноплодная, рябина красноплодная, виды шиповника и барбариса, а также естественные заросли можжевельников – ценнейших лекарственных растений.

При всей многогранной работе ученый исключительное внимание уделял интродукции злаковых культур и их сородичей, особенно аборигенных местных видов, разновидностей и сортов. Наряду с вышесказанным кратко остановлюсь на географической эволюции дифференцировавшихся в зависимости от действия факторов окружающей среды множества различных по гомеоадаптивности сортов пшениц. Мы – селекционеры злаковых культур, полностью были согласны с названиями Н.И. Вавилова, такими как эколого-географические зональности, высотные пояса в горных местностях, среднегорных, предгорных, степных, сухостепных и пустынно-степных зонах. Мы – селекционеры с 60-летним опытом, используем терминологию Н.И. Вавилова наряду с множеством методов в селекционно-генетических исследованиях, которые в свое время хорошо знал и владел Н.И. Вавилов. Именно эти почвенно-климатические зональности дали нам возможность испытывать множество своих сортов и линии, в последующем мы выводили и выводим сорта с различной приспособленностью к контрастным экологическим зонам-нишам, расположенным как по высотной пояса, так и широтной зональности с севера на юг и с юга на север. В течение многих десятилетий (54 и более лет) создавали и создаем поэтапно, согласно установленным критериям и методологиям, сотни сортов и гибридов злаковых и других полевых культур. В частности, с 1966 года вплоть до настоящего времени используем в селекции термины и особенно следующий – агроэкоотипы: 1 – горный, 2 – среднегорный, 3 – степной, 4 – сухостепной и 5 – пустынно-степной. Это относится к вертикальной горной пояса. В условиях широтной зональности – с севера Казахстана и России до южных пустынь Прибалхашья работали и работаем со следующими эколого-географическими зонами:

1. Лесостепная зона, почвы черноземные с содержанием гумуса 6–8%
2. Первая степная, почвы каштановые, переходные с содержанием гумуса 2,7–3,1%
3. Сухая степная, почвы обыкновенный серозем, с содержанием гумуса 1,2–1,5%
4. Пустынно-степная, почвы бедный серозем, с содержанием гумуса 0,8–1,0%

Наряду с основными стационарами Казахского НИИ земледелия и растениеводства, большую работу проводим на созданных нами опорных пунктах, расположенных во всех зерновых областях Казахстана, а также в Киргизстане, Таджикистане, России и Монголии. За достаточно длительный период (54 года) нами выведены поэтапно новые, адаптированные для каждой экологической зоны сорта пшеницы и тритикале, которые через 8–10 лет заменяются более новыми, т. е. проводится сортосмена, а через каждые 4–5 лет проводим сортообновление.

Благодаря такой широкоплановой селекции стало возможным создание и районирование различных сортов и гибридов злаковых культур, которые максимально адаптированы к вышеназванным контрастным эколого-географическим зонам. За этот длительный период (1968–2022) идет планомерное повышение урожайности пшеницы, тритикале, ячменя, овса, бобовых и других культур. Так, в 1950–1960 гг. урожайность сортов тех времен (1910–1960 гг.) была лишь 8–10 ц/га. Сегодня на полуобеспеченной богаре получают в пределах 25–39 ц/га, а на орошении – в пределах 60–90 ц/га и более. Это несомненный прогресс в Казахстане в эволюционной селекции злаковых и других полевых культур. Наши отечественные сорта и гибриды зерновых и других полевых культур занимают общую площадь в Республике более 6,6 млн га (65% от общей площади). Кроме этого, в сопредельных странах возделываются 44 сорта и гибрида нашей казахстанской селекции. Наши опытные селекционеры, авторы сортов регулярно выезжают в эти сопредельные страны с целью оказания практической помощи на местах. Урожайность зерновых культур в этих странах достаточно высокая в пределах 25–40 ц/га на богаре и 70–90 ц/га на орошении.

**СЕКЦИЯ. ГЕНЕТИЧЕСКИЕ РЕСУРСЫ
ЗЕРНОВЫХ И КРУПЯНЫХ КУЛЬТУР**

**SECTION. GENETIC RESOURCES OF CEREAL
AND GROAT CROPS**

КЛОНАЛЬНОЕ МИКРОРАЗМНОЖЕНИЕ СТЕРИЛЬНЫХ ПШЕНИЧНО-РЖАНЫХ ГИБРИДОВ

М. Алкубеси^{1,2}, А.О. Блинков¹, В.С. Рубец², М.Г. Дивашук¹

¹Всероссийский научно-исследовательский институт сельскохозяйственной биотехнологии, Москва, Россия, malak94kifah@gmail.com

²Российский Государственный Аграрный Университет – МСХА им. К.А. Тимирязева, Москва, Россия

CLONAL MICROPROPAGATION OF STERILE WHEAT-RYE HYBRIDS

M. Alkubesi^{1,2}, A.O. Blinkov¹, V.S. Rubets², M.G. Divashuk¹

¹ All-Russia Research Institute of Agricultural Biotechnology, Moscow, Russia, malak94kifah@gmail.com

² Russian State Agrarian University – Moscow Timiryazev Agricultural Academy, Moscow, Russia

Отдаленная гибридизация и получение амфидиплоидов являются широко применяемыми методами создания исходного материала в селекции мягкой и твердой пшеницы, тритикале и других злаков. Однако, эти методы связаны с проблемой стерильности данных растений, возникающей из-за наличия негомологичных субгеномов у гибридов или трудностей с полиплоидизацией. Невозможность получения семян от самоопыления или беккроссирования приводит к потере ценного генетического материала в селекционных процессах и генетических исследованиях. Клональное микроразмножение может дать возможность сохранения и размножения данных растений.

В связи с тем, что клеточные биотехнологии находятся в сильной зависимости от ряда факторов, таких как генотип, условия культивирования и состав питательной среды, актуальной остается работа по поиску факторов, способствующих увеличению регенерационной способности растений, а также созданию универсальных протоколов для регенерации растений. В связи с этим, целью данной работы является изучение факторов, таких как возраст экспланта, условия культивирования и влияние генотипа на процессы каллусогенеза и регенерации.

В ходе длительной работы по поиску оптимальных условий, нами был создан протокол, включающий в себя: 1) использование в качестве первоначального экспланта колосьев на V–VI этапе органогенеза роста по Куперману (1953), или же на 31-36 подфазе по Zadoks и др., 1974; 2) культивирование в темноте при +25°C фрагментов колосьев размером 1,5–2 см на питательной среде MS, дополненной 2 мг/л 2,4-Д в течение 4 недель (с пассажем на свежую среду после 2 недель культивирования); 3) индукцию побегообразования из сформировавшегося каллуса на среде MS, дополненной 0,5 мг/л НУК и 0,5 мг/л кинетина в условиях световой комнаты. Данный протокол был успешно испытан на 7 пшенично-ржаных гибридов на основе цитоплазмы *Triticum aestivum*, *T. durum*, *T. persicum* и *T. turgidum*. При использовании данной методики удавалось получить в среднем от 0,5 до 1,8 растений на эксплант в зависимости от генотипа. Все растения в независимости от образа жизни не требовали процесса яровизации для колошения. В работе не наблюдалось формирования альбиносов. Проблематикой в данной работе являлся обильный ризогенез.

Работа выполнена при финансовой поддержке Российского Научного Фонда (проект № 21-16-00121).

НАСЛЕДОВАНИЕ КОДОМИНАНТНЫХ SSR-МАРКЕРОВ, СЦЕПЛЕННЫХ С ГЕНАМИ ВОССТАНОВЛЕНИЯ ФЕРТИЛЬНОСТИ ПЫЛЬЦЫ *Rf1*, *Rf2*, *Rf5* И *Rf6* ВО ВТОРОМ ПОКОЛЕНИИ ГИБРИДОВ СОРГО НИЗКОРОСЛОЕ 81С × 929-3

Н.В. Алпатьева, Е.Е. Радченко, И.Н. Анисимова

Федеральный исследовательский центр Всероссийский институт генетических ресурсов растений имени Н.И. Вавилова, Санкт-Петербург, Россия, alpatievanatalia@mail.ru

INHERITANCE OF CODOMINANT SSR MARKERS ASSOCIATED WITH THE POLLEN FERTILITY RESTORATION GENES: *Rf1*, *Rf2*, *Rf5* AND *Rf6* IN THE SECOND GENERATION OF SORGO NIZKOROSLOE 81S × 929-3 HYBRIDS

N.V. Alpatieva, E.E. Radchenko, I.N. Anisimova

N.I. Vavilov All-Russian Institute of Plant Genetic Resources, St. Petersburg, Russia
alpatievanatalia@mail.ru

Линии сорго, несущие гены восстановления фертильности пыльцы (*Rf*), широко востребованы в качестве отцовских форм при создании гетерозисных гибридов. Наиболее распространенным типом стерильной цитоплазмы у сорго является A1(milo), которая получена в результате скрещивания образца майло с каффрским сорго. По литературным данным гены *Rf1*, *Rf2*, *Rf5* и *Rf6*, локализованные на хромосомах 8, 2, 5 и 4 соответственно, могут супрессировать стерилизующий эффект митохондриального генома A1 типа и способствовать развитию нормальной пыльцы уже в поколении F1. В коллекции ВИР содержится уникальный набор образцов сорго из Китая с ценными хозяйственными признаками: устойчивостью к обыкновенной злаковой тле, скороспелостью и др., которые способны восстанавливать фертильность пыльцы при скрещивании со стерильными линиями A1 типа (Радченко, 2000, 2006). Генотипы этих форм по локусам, контролирующим восстановление фертильности пыльцы, неизвестны. В настоящей работе с помощью молекулярных кодоминантных SSR-маркеров, тесно сцепленных с генами *Rf1*, *Rf2*, *Rf5* и *Rf6*, получены предварительные данные о ключевой роли гена *Rf2* в восстановлении фертильности пыльцы у линии Джугара белая 929-3 из Китая. Материалом для исследования служили 93 гибрида F2 от скрещивания стерильной линии Низкорослое 81с с линией восстановителем 929-3. На стадии выметывания растения изолировали и на стадии созревания оценивали завязываемость зерен. Растение с озерненностью менее 10% считали стерильным. ДНК выделяли из единичных растений с помощью SDS-буфера (pH 7,5) по протоколу, описанному в методических указаниях ВИР (Анисимова и др., 2018). Каждое растение было генотипировано с помощью молекулярных маркеров, полиморфных между родительскими линиями и тесно сцепленных с локусами *Rf*: Xtxp18 (*Rf1*), Xtxp50 (*Rf2*), Xnhsbm1089 (*Rf5*) и SB2386 (*Rf6*) (Klein et al., 2001, 2005; Jordan et al., 2010; Jordan et al., 2011; Praveen et al., 2015). Фрагменты ПЦР с флуоресцентной меткой анализировали с помощью электрофореза в денатурирующих условиях на генетическом анализаторе Нанофор-05 (Синтол, Россия). Полученные данные были обработаны статистически. Мы приняли рабочую гипотезу о наличии доминантного или доминантных генов *Rf* у линии 929-3, функционирование которого (или которых) в гибридах с цитоплазмой A1 восстанавливает фертильность пыльцы и, как следствие, приводит к образованию зерен в изолированных метелках. Напротив, у стерильной материнской линии Низкорослое 81с гены *Rf* находятся в рецессивном состоянии. При независимом наследовании маркера и признака восстановления фертильности ожидали появление четырех фенотипических классов (Фертильное растение/отцовский вариант маркера : Фертильное растение/материнский вариант маркера : Стерильное растение/отцовский вариант маркера : Стерильное растение/материнский вариант маркера) в соотношении 9 : 3 : 3 : 1. Значения χ^2 ,

полученные при анализе для фактического расщепления популяции по признакам фертильности/стерильности и вариантам маркеров генов *Rf1*, ***Rf2***, *Rf5* и *Rf6* составили 6,3; **48,7**; 5,04 и 5,04 соответственно. Таким образом, только маркер гена *Rf2* Xtxp50 наследовался сцепленно с признаком восстановления фертильности пыльцы ($p < 0,05$). Можно предположить, что способность к восстановлению фертильности пыльцы у линии 929-3, отобранной из коллекционного образца Джугара белая к-929, определяется геном *Rf2*.

Работа выполнена при поддержке Минобрнауки России в рамках соглашения № 075-15-2020-911 от 16.11.2020 о предоставлении гранта в форме субсидий из федерального бюджета на осуществление государственной поддержки создания и развития научного центра мирового уровня «Агротехнологии будущего».

СЕЛЕКЦИОННАЯ ЦЕННОСТЬ ЛИНИЙ ТВЕРДОЙ ПШЕНИЦЫ (*TRITICUM DURUM* DESF.) С ГЕНАМИ ГИБРИДНОЙ КАРЛИКОВОСТИ D_2 и D_3

М.А. Ахмедов¹, О.А. Ляпунова²

¹ Федеральный исследовательский центр Всероссийский институт генетических ресурсов растений имени Н.И. Вавилова, Дагестанская опытная станция – филиал ВИР, Дербент, Россия

² Федеральный исследовательский центр Всероссийский институт генетических ресурсов растений имени Н.И. Вавилова, Санкт-Петербург, Россия, o.liapounova@vir.nw.ru

BREEDING VALUE OF DURUM WHEAT LINES (*TRITICUM DURUM* DESF.) WITH THE D_2 AND D_3 HYBRID DWARFNESS GENES

М.А. Akhmedov¹, О.А. Lyapunova²

¹ N.I. Vavilov All-Russian Institute of Plant Genetic Resources, Dagestan Experiment Station of VIR, Derbent, Russia

² N.I. Vavilov All-Russian Institute of Plant Genetic Resources, St. Petersburg, Russia, o.liapounova@vir.nw.ru

Гибридная карликовость мягкой пшеницы впервые обнаружена в 1898 году W. Farrer в Австралии. Изучению генетики гибридной карликовости посвящено много работ. Крупные исследования по изучению гибридной карликовости проведены J.R.A. McMillan (1937), разработавшему гипотезу, согласно которой в образовании гибридных карликов участвуют четыре пары генов: *Gg*, *Ii*, *Aa* и *Bb*. Ген *G* является наиболее сильным и важным. При отсутствии *A* и *B* ген *G* ингибируется ингибитором *I*, и образуются нормальные растения. В присутствии генов *G*, *A* и *B* ген *I* не обладает ингибиторным эффектом, образуются карликовые растения.

Согласно гипотезе К. Моог (1969), локусы генов гибридной карликовости мультигенны (полигенны). Многочисленные литературные данные, полученные при изучении гибридов с *D*-генами в контролируемых климатических условиях, свидетельствуют о том, что изменчивость высоты растений, образование летальных растений типа травянистых пучков, абортивность цветков и череззерница колосьев, уменьшение длины колоса, числа колосков и зерен, снижение массы 1000 зерен, скорее всего обусловлены изменчивостью количества фитогормонов, т. е. мультигенов.

Генетика гибридной карликовости изучалась в основном методами качественной генетики, делением гибридов на три типа карликовости (*dwarfs* 1, 2, и 3) и нормальные растения. J.G.Th. Hermesen (1967) показал, что гибридная карликовость обусловлена комплементарным взаимодействием трех доминантных факторов *D*-генов. Установил, что аллели генов – $D_1d_1 > D_2d_2 > D_3d_3$ различаются по степени доминантности, что рецессивная аллель d_2 не мешает комплементарному взаимодействию D_1 и D_2 при отсутствии D_3 , что эффект $D_2D_2 > D_2d_2$, и что *D*-гены обладают антигиббереллиновым эффектом. Выделил шесть генетических классов мягкой пшеницы и три типа карликовости (*dwarfs* 1, 2 и 3), показал, что морфология карликов изменяется в зависимости от генотипа и внешних условий. Летальные карлики – тип 1 (*grass dwarfs*) появляются в F_1 у гибридов с генотипом $D_1D_2D_3$ - или $D_1D_2D_2d_3d_3$. Некоторые карлики типа 3 по мере созревания становятся нормальными растениями, что приводит к изменению их численного соотношения. Hermesen предложил сорта-тестеры с генами $D_1d_2D_3$, $d_1D_2D_3$, $d_1D_2d_3$ и $D_1d_2d_3$ для определения генотипа любого другого сорта.

Однако данная гипотеза не имела подтверждения в работах ряда авторов, которые в своих исследованиях получали иные схемы соотношения расщепления, объясняя это множественным аллелизмом *D*-генов, наличием генов активаторов, стимулирующих ростовые процессы или же влиянием среды.

Широкое распространение *D*-генов среди мягкой пшеницы связано со сцепленностью генов устойчивости к стеблевой ржавчине с 8 и 13 хромосомами, где и локализованы *D*-гены. Но несмотря на то, что гибридные карлики обладают некоторыми ценными селекционными признаками адаптивного характера, таких как морозоустойчивость и большая кустистость, они не нашли широкого применения в селекции мягкой пшеницы.

На Дагестанской опытной станции – филиале ВИР была поставлена задача – создание линий твердой пшеницы с генами гибридной карликовости, отличающимися низкорослостью, устойчивостью к полеганию и на их основе создать низкорослые, высококачественные линии с повышенной стекловидностью зерна – важного признака для этой культуры.

Стекловидность является внешним признаком качества зерна. Она наблюдается в зерне пшеницы, ржи, ячменя, кукурузы и риса. Однако значение стекловидности как показателя технологических свойств твердо установлено только для зерна пшеницы.

Пшеница с преобладанием стекловидных зерен обычно отличается сравнительно высоким содержанием белка и клейковины. Из стекловидного зерна получается более высокий выход муки. Мука крупитчатая, что очень ценится в производстве макаронных изделий.

Материалом для создания гибридов с генами гибридной карликовости послужили гибриды твердой пшеницы, полученные скрещиванием и бекроссированием сорта ‘Харьковская 46’ (к-41604) с образцом *Triticum dicoccum* (Schrank) Schuebl. из Украины, среди которых были обнаружены растения с очень низким ростом. Длительное изучение 25 линий этой комбинации до F_{15} показало, что они вариабельны по высоте и другим признакам. В итоге были выделены три линии *L*-961, *L*-962 и *L*-963 с генами гибридной карликовости D_2 и D_3 .

На следующем этапе эти линии использованы в качестве опылителя колосьев сорта полукарликовой твердой пшеницы ‘Крупинка’ (к-64725) с геном *rht1*. Сорт озимой твердой пшеницы ‘Крупинка’ селекции Краснодарского НИИСХ (ФГБНУ «Национальный центр зерна имени П.П. Лукьяненко») высокоурожайный, среднеспелый, среднерослый, устойчивый к полеганию, зимостойкий, засухоустойчивый, с удовлетворительными макаронными качествами.

Изучение наследования высоты у полученных гибридов свидетельствовало о наличии доминантного гена D_2 у линий Крупинка $\times$ *L*-961 и Крупинка $\times$ *L*-962 и полудоминантного гена D_3 у линии Крупинка $\times$ *L*-963. Известно, что гены D_2 и D_3 находятся только в хромосомах 2А и 4В у линий *L*-961, *L*-962 и *L*-963, а у их гомологов сорта ‘Крупинка’ их нет. Об этом свидетельствует изменчивость высоты и других признаков гибридов. Носителем генов гибридной карликовости был только опылитель, но в F_1 после первого мейоза определенная часть *D*-мультигенов оказываются и в гомологичных хромосомах сорта ‘Крупинка’. Переход генов с одной хромосомы на его гомолог возможен только при кроссинговере. Следовательно, *D*-гены являются генами обязательного кроссинговера. Предполагается, что они являются регуляторами генов фитогормонов, а значит высоты и других признаков

Линии твердой пшеницы Крупинка $\times$ *L*-961, *L*-962, *L*-963 с генами гибридной карликовости были короткостебельными (70–80 см), устойчивыми к полеганию, с выполненной соломиной, отсутствием череззерницы, со стекловидностью зерна свыше 60% – высокостекловидные по принятой в мукомольном производстве классификации пшеницы по стекловидности.

Созданные линии можно рекомендовать в качестве исходного материала для селекции озимой твердой пшеницы на короткостебельность, устойчивость к полеганию и высокую стекловидность зерна.

РЕАКЦИЯ ИНДУЦИРОВАННЫХ МУТАНТОВ *HORDEUM VULGARE* L. НА ФАКТОРЫ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ ПО ИЗМЕНЕНИЮ СОДЕРЖАНИЯ ХЛОРОФИЛЛА В ЛИСТЯХ И ВЫСОТЫ РАСТЕНИЙ

Д.А. Базюк^{1*}, Н.А. Боме¹, Н.В. Тетянников², В.С. Мишечкина¹, Э.С. Шмидт¹

¹ Тюменский государственный университет, Тюмень, Россия, *d.a.bazyuk@utmn.ru

² Всероссийский селекционно-технологический институт садоводства
и питомниководства, Москва, Россия

REACTION OF INDUCED MUTANTS OF *HORDEUM VULGARE* L. TO ENVIRONMENTAL FACTORS EXPRESSED BY CHANGES IN CHLOROPHYLL CONTENT IN LEAVES AND PLANT HEIGHT

D.A. Bazyuk^{1*}, N.A. Bome¹, N.V. Tetyannikov², V.S. Mishechkina¹, E.S. Shmidt¹

¹ University of Tyumen, Tyumen, Russia, *d.a.bazyuk@utmn.ru

² Federal Horticultural Center for Breeding, Agrotechnology and Nursery, Moscow, Russia

Яровой ячмень в Тюменской области – одна из основных зерновых культур и по площади посевов уступает лишь яровой пшенице. Поиск источников селекционно-ценных форм ячменя из коллекции Всероссийского института генетических ресурсов растений им. Н.И. Вавилова (ВИР), создание форм с новыми или улучшенными признаками актуально.

Биологический эффект химического мутагена фосфемида на растениях ячменя (*Hordeum vulgare* L.) изучается на кафедре ботаники, биотехнологии и ландшафтной архитектуры Тюменского государственного университета с 2015 г. (Тетянников, 2019). На экспериментальном участке биостанции «Озеро Кучак» ТюмГУ (Нижнетавдинский район, Тюменская область) в 2020–2021 гг. оценивались 44 мутантные формы, полученные на основе образцов Зерноградский 813 (к-30453, Россия, var. *erectum*), Dz02-129 (к-22934, Эфиопия, var. *nigripallidum*), С.И. 1099 (к-30630, Перу, var. *sinicum*) после обработки семян водными растворами мутагена (концентрации 0,002 и 0,01%). Содержание хлорофилла определяли во флаговом листе с помощью оптического счетчика SPAD 502 Plus (Minolta Camera Co, LTD, Токио, Япония); высоту растений – измерением линейкой от поверхности почвы до вершины колоса, не включая ости (выборка – 10 растений каждого образца). Статистический анализ проведен по методике, изложенной Б.А. Доспеховым (2014).

Содержание хлорофилла в флаговых листьях в среднем по образцам ячменя максимальных значений достигало в фазу колошения растений (ед. Spad): $58,1 \pm 1,59$ (2021 г.) и $52,8 \pm 1,74$ (2022 г.). В засушливых условиях 2021 г. показатель изменялся в широких пределах (8,3–58,1 ед. Spad). В более благоприятном по увлажнению 2022 г. варьирование признака было менее выраженным – от 42,7 до 52,8 ед. Spad. Реакция образцов на изменяющиеся условия среды по фотосинтетическому параметру была неоднозначной. Например, у мутанта Эп9(2) 0,01% при относительно высоком содержании хлорофилла в 2022 г. (48,51 ед. Spad) наблюдалось резкое снижение пигмента в условиях теплового и водного стресса (2021 г.). В то же время у мутанта Пш8(23) 0,01% в оба года исследования показатель оставался высоким (52,1–58,1 ед. Spad).

При недостатке влаги на фоне высоких температур в 2021 г. в фазе колошения изученные образцы формировали растения с более низким показателем высоты по сравнению с 2022 г. Стабильные по данному признаку мутанты отсутствуют (например, Эп6(54) 0,002% (69,1 и 112,8 см по годам исследования соответственно), Эп6(1) 0,01% (54,5 и 115,9 см), Пш14(108) 0,01% (53,1 и 81,4 см).

Полученные данные позволяют заключить, что изученные признаки являются информативными и могут быть использованы для отбора форм по адаптивным свойствам.

ИЗУЧЕНИЕ НОВОГО СЕЛЕКЦИОННОГО МАТЕРИАЛА ПШЕНИЦЫ МЯГКОЙ ЯРОВОЙ С ЧУЖЕРОДНЫМИ ГЕНАМИ УСТОЙЧИВОСТИ К ЛИСТОВОЙ РЖАВЧИНЕ ПШЕНИЦЫ

Н.И. Бойко, В.А. Апарина, Е.В. Морозова, А.А. Потешкина, В.В. Пискарев
Федеральный исследовательский центр Институт цитологии и генетики Сибирского отделения Российской академии наук, Сибирский научно-исследовательский институт растениеводства и селекции – филиал ИЦиГ СО РАН, Краснообск, Россия,
n.bojko@mail.ru

STUDY OF NEW BREAD SPRING WHEAT BREEDING LINES WITH FOREIGN GENES OF RESISTANCE TO LEAF RUST

N.I. Boyko, V.A. Aparina, E.V. Morozova, A.A. Poteshkina, V.V. Piskarev
Institute of Cytology and Genetics, Siberian Branch of Russian Academy of Sciences, Siberian Research Institute of Plant Production and Breeding, branch of the ICG SB RAS, Krasnoobsk, Russia, n.bojko@mail.ru

В изучение были взяты потомства отдельных растений F_2 (по 85–100 потомств), полученных на основе скрещивания линий аналогов двух коммерческих сортов ('Сибирская 17' и 'Новосибирская 31') несущих чужеродные гены устойчивости (*Lr19*, *Lr24*, *Lr28*, *Lr29*, *Lr45* и *Lr47*) по 15 гибридным популяциям. Посев 12 мая вручную, площадь делянки 0,2 м², с частым повторение реципиентов ('Сибирская 17' и 'Новосибирская 31').

В период вегетации проводили фенологические наблюдения по методике ВИР. Оценку поражения бурой ржавчиной в полевых условиях проводили по методике СИММУТ. Наличие и отсутствие транслокаций проверяли с помощью молекулярных ДНК-маркеров: для *Lr19* – wmc221, *Lr24* – SCS73, *Lr28* – SCS421, *Lr29* – Lr29F24, *Lr45* – G372 185 и *Lr47* – PS10. Суммарную ДНК выделяли из 5–7-дневных проростков по методу Плашке с соавторами.

В 2021 году отмечали повышенные температуры воздуха в мае и августе (+3,3 и +1,9°C к среднемноголетнему значению) и не значительное снижение среднесуточной температуры в июне (–0,7) и июле (–0,6). В целом год характеризовался избыточным увлажнением в июне, недостаточным в мае и июле, в августе осадков выпало на уровне среднемноголетнего значения (67,3 мм).

По предварительной оценке, взаимного влияния 2-х транслокаций в одном генотипе, выявлена тенденция к большему снижению выраженности основных количественных признаков у рекомбинантов с транслокациями, полученных на основе сорта 'Сибирская 17' и значительное варьирование у рекомбинантов на основе сорта 'Новосибирская 31'. Единственный положительный эффект выявлен по массе 1000 зерен у рекомбинантов несущих гены *Lr19* + *Lr45* (36,9 г), полученных на основе сорта 'Новосибирская 31' (29,9 г).

При рассмотрении отдельных рекомбинантов по выраженности признаков выделены 57 на основе сорта 'Новосибирская 31', которые превышали по одному или нескольким количественным признакам реципиент, несли гены устойчивости в гомозиготном или гетерозиготном состоянии и были устойчивы к бурой ржавчине пшеницы. Из них превысили сорт 'Новосибирская 31' по массе 1000 зерен (29,9 г) – 41 (от 32,9 г (линия №75 (Н.31 × *Lr19*) × (Н.31 × *Lr24*)) до 42,5 г (линия №541 (Н.31 × *Lr19*) × (Н.31 × *Lr45*))), по массе зерна колоса (1,56 г) – 4 (от 2,04 г (линия №581 (Н. 31 × *Lr45*) × (Н. 31 × *Lr24*)) до 2,23 г (линия №544 (Н.31 × *Lr19*) × (Н.31 × *Lr45*))), по числу зерен в колосе (51,1 шт.) – 1 (69,8 – линия №192 (Н.31 × *Lr24*) × (Н.31 × *Lr45*)). Меньшей, чем

у реципиента (45,6 дн.) продолжительностью периода от всходов до колошения характеризовались 23 рекомбинанта, большей – 9.

При рассмотрении отдельных рекомбинантов по выраженности признаков выделены 44 на основе сорта ‘Сибирская 17’, которые были на уровне или превышали по одному или нескольким количественным признакам реципиент, несли гены устойчивости в гомозиготном или гетерозиготном состоянии и были устойчивы к бурой ржавчине пшеницы. Превышение сорта реципиента выявлено у одного рекомбинанта (№280 (Сиб.17 × Lr24) × (Сиб.17 × r19)) по числу зерен растения (98,4 шт.), у 4-х (№500 (Сиб.17 × Lr45) × (Сиб.17 × Lr29), 300 (Сиб.17 × Lr24) × (Сиб.17 × Lr19), 289 (Сиб.17 × Lr24) × (Сиб.17 × Lr19) и 401 (Сиб.17 × Lr24) × (Сиб.17 × Lr47)) по числу продуктивных стеблей (2,0–2,4 шт.). При этом 15 рекомбинантов характеризовались укороченным периодом от всходов до колошения и 3 удлинненным в сравнении с сортом ‘Сибирская 17’ (47,7 дн.).

Работа выполнена при финансовой поддержке гранта РФФИ, проект №20-016-00093.

ИЗУЧЕНИЕ ИНТРОГРЕССИВНЫХ ЛИНИЙ МЯГКОЙ ПШЕНИЦЫ С ГЕНЕТИЧЕСКИМ МАТЕРИАЛОМ *AEGILOPS SPELTOIDES* ПО УСТОЙЧИВОСТИ К СТЕБЛЕВОЙ РЖАВЧИНЕ

Д.М. Болдаков, Э.Р. Давоян, Р.О. Давоян, Ю.С. Зубанова, В.А. Бибишев
Национальный центр зерна имени П.П. Лукьяненко, Краснодар, Россия
boldakov.dm@mail.ru

A STUDY OF INTROGRESSIVE BREAD WHEAT LINES INCORPORATING *AEGILOPS SPELTOIDES* GENETIC MATERIAL IN THE CONTEXT OF THEIR RESISTANCE TO STEM RUST

D.M. Boldakov, E.R. Davoyan, R.O. Davoyan, Yu.S. Zubanova, V.A. Bibishev
National Center of Grain named after P.P. Lukyanenko, Krasnodar, Russia,
boldakov.dm@mail.ru

Стеблевая ржавчина (*Puccinia graminis* Pers. f. sp. *tritici* Erikss. et Henn.) является одним из самых вредоносных грибковых заболеваний пшеницы. В мировой практике в результате эпифитотийного развития болезни потери урожая составляли практически 100%. В период с 50-х и до 90-х годов XX века ее вредоносность была значительно снижена благодаря эффективной генетической защите (Плахотник, 1969; Койшыбаев и др., 2008; Bernardo et al., 2013). Однако в связи с появлением и распространением новых вирулентных рас (в частности, Ug99), селекция по устойчивости к стеблевой ржавчине вновь стала одним из приоритетных направлений.

Одним из способов генетической защиты растений является передача генетического материала от дикорастущих родичей. Большой интерес в качестве источника устойчивости к листостебельным заболеваниям пшеницы, в том числе и к стеблевой ржавчине, представляет вид *Aegilops speltoides*. От этого вида переданы пшенице гены устойчивости *Sr32*, *Sr39*, *Sr47* и *SrAes7t* (McIntosh et al., 2013). Для переноса генетического материала от *Ae. speltoides* в мягкую пшеницу была использована геномно-замещенная синтетическая форма Авродес (BBAASS). На основе данной формы были получены интрогрессивные линии, характеризующиеся рядом ценных для мягкой пшеницы признаков (Давоян и др., 1996). Исходя из их родословных, предположительно, они могут нести гены устойчивости к стеблевой ржавчине, переданные от *Ae. speltoides*.

По результатам полевой оценки 23 линий по устойчивости к стеблевой ржавчине было отобрано 2 линии с типом реакции 01 (практически иммунные), 3 линии с типом реакции 1 (высокоустойчивые) и 10 линий с типом реакции 2 (среднеустойчивые). Восемь линий имели тип реакции 3, 4 (восприимчивые).

В результате ПЦР-анализа было выявлено, что во всех исследованных линиях отсутствует маркер, сцепленный с геном *Sr39*. Маркер *Xgwm47*, сцепленный с геном *Sr47*, был идентифицирован в устойчивых к стеблевой ржавчине линиях ДБ847, ДБ849 и ДБ869. В линиях ДБ737 (тип реакции 1) и ДБ902 (тип реакции 2) идентифицирован маркер *crSr32#2*, сцепленный с геном устойчивости к стеблевой ржавчине *Sr32*.

Таким образом, устойчивость к стеблевой ржавчине в линиях ДБ847, ДБ849, ДБ869 и ДБ737, ДБ902 может контролироваться за счет присутствия генов *Sr47* и *Sr32* соответственно. У 10 устойчивых линий искомые молекулярные маркеры не были выявлены. Вероятно, что устойчивость к стеблевой ржавчине в них может быть обусловлена как за счет присутствия гена *SrAes7t*, идентификация которого не проводилась, так и за счет новых (других) генов, отличных от *Sr32*, *Sr39* и *Sr47*.

ИЗУЧЕНИЕ КОЛЛЕКЦИЙ ОВСА ВИР В СИБИРИ

С.В. Васюкевич, Т.Ю. Пыко, Е.Ю. Игнатьева, О.В. Пяткова
Омский аграрный научный центр, Омск, Россия, www.vsv55@mail.ru

THE STUDY OF THE OAT COLLECTIONS FROM VIR IN SIBERIA

S.V. Vasyukevich, T.Yu. Pyko, E.Yu. Ignatieva, O.V. Pyatkova
Omsk Agricultural Scientific Center, Omsk, Russia, www.vsv55@mail.ru

Селекция овса в Сибири ведется по трем основным направлениям его использования: кормовое зерновое, пищевое зерновое, кормовое укосное. Ряд признаков, по которым проводят отбор, общий для всех направлений: высокая урожайность зерна, низкий процент пленок, двойных и пустых зерен, стойкость к осыпанию зерна и полеганию соломы, устойчивость к болезням. На всех этапах селекционного процесса овса в Омском АНЦ первостепенное внимание, наряду с урожайностью, уделяется иммунитету сортов. Для кормового зернового направления, кроме указанных признаков, очень важно – высокое содержание белка и жира в зерне; для пищевого направления – крупное, выполненное, выровненное, легко обрушиваемое зерно с высоким содержанием белка и низким – жира; для кормового укосного направления – высокая урожайность зеленой массы с большим количеством белка в ней. Поэтому успех любой селекционной программы определяется наличием и хорошей проработкой исходного материала, выявлением источников признаков и свойств. В настоящее время наибольшее внимание при изучении коллекции овса уделяется продуктивности растений, устойчивости к болезням, скороспелости, наличию пленок, опущения зерновки у голозерных сортов, содержанию белка и жира, экологической адаптации.

Исследования проведены в Омском аграрном научном центре (СибНИИСХ) в 2020 и 2021 гг. с целью выявления новых сортов пленчатого и голозерного овса инорайонной селекции, устойчивых к головневым патогенам и корончатой ржавчине, ранне- и среднеспелых, продуктивных и устойчивых к полеганию, для включения их в гибридизацию с местными сортами различного направления (на крупяные, на фуражные цели, на зеленую массу). Предшественник горох.

Ранее поступавший из ВИР в Омский АНЦ (СибНИИСХ) коллекционный материал овса в первый год высевался вручную, т. е. до 201 г. включительно коллекция ВИР высевалась в сетчатом дворике СибНИИСХ. С 2014 г. и по настоящее время для быстрого размножения коллекционных образцов в первый год коллекция овса высевается по типу СП-1 – гнездами по 40 зерен, сеялкой СПР-2. Получается высокий коэффициент размножения сортов. Летом и перед уборкой проводится сортовая прополка коллекционного материала. Уборка в сентябре уже не вручную, а селекционным комбайном. На второй год полученный коллекционный материал высевается на трехметровых делянках в коллекционном питомнике без повторностей (коллекция б/п). Параллельно ведется изучение в лаборатории иммунитета растений, где на инфекционном фоне материал проходит оценку на восприимчивость и устойчивость к головневым патогенам и корончатой ржавчине. Большая часть из этой коллекции бракуется как восприимчивая к патогенам. Оставшийся устойчивый и продуктивный материал пополняет рабочую коллекцию овса, которая высевается на трехметровых делянках в двухкратной повторности. В течение лета отмечают фазы развития сортов во всех коллекционных питомниках.

В 2020 г. в коллекции без повторностей изучалось 34 сорта овса. Из них 85% показали среднюю и сильную восприимчивость к головневым патогенам на инфекционном фоне и, соответственно, 15% или пять образцов продемонстрировали практическую или полную устойчивость к этому заболеванию. Устойчивые к головневым

заболеваниям сорта в 2020 г. пополнили рабочую коллекцию. Из изученной выборки сортов только три показали устойчивость к корончатой ржавчине.

В 2021 г. в коллекции без повторностей изучалось 40 сортов овса. Из них показали полную устойчивость к головневым патогенам два сорта, практическую устойчивость – два образца и слабую восприимчивость – два сортообразца. Таким образом по этому признаку выделилось 15% сортов.

Надо отметить, что 2021 г. был засушливый и проявления корончатой ржавчины не было ни в естественных условиях, ни на инфекционном фоне, как на ранних фазах развития овса, так и на поздних.

Таким образом, отсутствием поражения корончатой ржавчиной либо минимальным его уровнем в 2020 г. характеризовались образцы: Quoll (к-14850, Австралия), Pluton inia (к-14730, Чили), TROY (к-15266, США), Левша (к-15014, РФ).

По устойчивости к головневым патогенам или минимальным поражением отмечены образцы: Quoll (к-14850, Австралия), Pluton-inia (к-14730, Чили), AC Francis (к-15302, Канада), Левша (к-15014, РФ), Тайдон (к-15183, РФ), Помор (к-15117, РФ), MF 9224-310 (к-15218, США), MF 9424-66 (к-15222, США), AC Ernie (к-15304, Канада).

При изучении коллекционных образцов овса выделены сорта, обладающие скороспелостью: Pluton-inia (к-14730, Чили), IL 86-4189 (к-14317, США), Florida 66 AB-41 (к-14968, США), созревающие на 3–7 суток раньше стандарта Орион.

В качестве источников короткостебельности можно использовать образцы: Ballad (к-13841, Великобритания), Михаль (к-13921, Беларусь), Komes (к-14017, Польша), WW17252 (к-14191, Швеция), IL 85-6467 (к-14315, Канада), IL 86-4189 (к-14317, США), OT 207 (к-14392, Канада), Echidna (к-14403, Австралия), OT 184 (к-14441, Канада).

На основе материала, поступающего из коллекции без повторностей, формируется рабочая коллекция, в которой сорта изучаются от двух до двадцати и более лет. В рабочей коллекции ротация сортов невысокая.

В рабочей коллекции в двух зонах (южной лесостепной и зоне подтайги) выявлены сорта овса с высоким выходом крупы: Florida 657 (к-14967, США) 63,8–66,3%, Тогурчанин (к-15012, РФ) 63,3–64,8%, Texas 65с 306 (к-14973, США) 60,2–64,1%, Факс (к-15122, Беларусь) 60,7–62,4%, Каприоль (к-15179, РФ) 60,7–64,4%, Vista (к-14801, США) 60,4–64,4%, Креол (к-15338, РФ) 58,8–60,2%, Rozmar (к-15134, Чехия) 58,1–61,5% и др.

В результате комплексного полевого и лабораторного исследования проведена объективная идентификация образцов коллекции овса ВИР по продуктивности, устойчивости к болезням, крупнозерности и др. На основе выделенных перспективных исходных форм овса будут созданы новые гибридные популяции, проведены отборы элитных метелок. В селекционные питомники будет передан новый генетический материал с повышенной технологичностью, более устойчивый к агроклиматическим факторам среды и фитопатогенам.

ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОИСХОЖДЕНИЯ ПОЛИПЛОИДНЫХ ЗЛАКОВ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ГЕНЕТИЧЕСКОЙ КОЛЛЕКЦИИ КУЛЬТУРНЫХ И ДИКОРАСТУЩИХ ГРП ВИР И ГЕРБАРНЫХ КОЛЛЕКЦИЙ БИН РАН

А.А. Гнутиков^{1*}, Н.Н. Носов², И.Г. Лоскутов¹, А.В. Родионов²

¹ Федеральный исследовательский центр Всероссийский институт генетических ресурсов растений имени Н.И. Вавилова, Санкт-Петербург, Россия, *a.gnutikov@vir.nw.ru

² Ботанический институт им. В.Л. Комарова Российской академии наук РАН, Санкт-Петербург, Россия

STUDY OF THE ORIGIN OF POLYPLOID GRASSES (POACEAE) USING THE PLANT GENETIC RESOURCES COLLECTION OF THE VIR GENE BANK AND HERBARIUM COLLECTIONS OF BIN RAS

A.A. Gnutikov^{1*}, N.N. Nosov², I.G. Loskutov¹, A.V. Rodionov²

¹ N.I. Vavilov All-Russian Institute of Plant Genetic Resources, St. Petersburg, Russia, *a.gnutikov@vir.nw.ru

² Komarov Botanical Institute of the Russian Academy of Sciences, St. Petersburg, Russia

Многие особенности селекции сельскохозяйственных культур определяются полиплоидной природой их геномов. Более того, показано, что даже те зерновые культуры, кариотип которых выглядит как диплоидный (ячмень, рис, сорго, кукуруза), прошли в своей истории через несколько актов полиплоидизации. Данные сравнительной геномики позволяют думать, что геном общего предка всех культурных и дикорастущих злаков, в котором было 7 хромосом ($n = 7$), сформировался около 100 млн лет назад, пройдя перед этим в своей истории через четыре раунда полногеномных дупликаций, сопровождавшихся актами вторичной диплоидизации генома и кариотипа. Затем имела место очередная полиплоидизация генома протозлака и появился протозлак с 14-ю хромосомами в гаплоидном геноме, после чего в результате транслокации между 2-мя парами хромосом гаплоидное число хромосом уменьшилось до 12. В этот момент, 60–70 млн лет назад, злаки разделились на две филогенетические ветви – кладу ВЕР (овес, рожь, пшеница) и кладу PASMAD (сорго, кукуруза). Архаичный ВЕР геном с 12 хромосомами сохранился у риса, а у предка ячменей, овсов и пшениц число хромосом в гаплоидном геноме сначала уменьшилось до 7, после чего в разных родах, как следствие межвидовых гибридизаций и полиплоидизации, появились тетра- и гексаплоиды, а также отдельные роды и виды более высоких степеней полиплоидизации. Происхождение дикорастущих и культурных злаков может быть установлено путем исследования внутригеномного разнообразия многократно повторенных генов 35S рРНК методом локус-специфичного секвенирования ITS-последовательностей на платформе Illumina. Известно, что растения несут большое количество генов 35S рРНК в гаплоидном геноме (от 200 до 22 000, обычно более 2500), расположенных в виде тандемных кластеров на одной или нескольких хромосомах. Объекты нашего исследования – «живая» коллекция дикорастущих образцов отдела генетических ресурсов овса, ржи и ячменя ВИР, наши экспедиционные сборы на Алтае и Кавказе и богатейшая коллекция дикорастущих злаков гербария БИН РАН (LE). В докладе будут представлены результаты нашего исследования происхождения диплоидных и полиплоидных видов овса, а также некоторых дикорастущих представителей Hordeae, Aveninae и Poeae, Triticeae.

Работа выполнена при финансовой поддержке Минобрнауки России по договору № 075-15-2021-939 (от 30.09.2021 г.) (АГ, ИЛ) и гранта РНФ 22-24-01117 (АР).

ВЫСОКОАДАПТИВНЫЕ СОРТООБРАЗЦЫ МЯГКОЙ ЯРОВОЙ ПШЕНИЦЫ К ОБЫКНОВЕННОЙ КОРНЕВОЙ ГНИЛИ ЗЛАКОВ

В.В. Евсеев

Курганская государственная сельскохозяйственная академия имени Т.С. Мальцева,
Курган, Россия, leulews-70@yandex.ru

SPRING BREAD WHEAT VARIETIES HIGHLY ADAPTIVE TO ORDINARY ROOT ROT OF CEREALS

V.V. Evseev

Kurgan State Agricultural Academy named after T.S. Maltsev, Kurgan, Russia,
leulews-70@yandex.ru

Одним из лимитирующих факторов получения высоких урожаев качественного зерна мягкой яровой пшеницы в основных зонах возделывания являются болезни, вызываемые гембиотрофными патогенами. К их числу относятся обыкновенная корневая гниль (возбудитель – аскомицет *Cochliobolus sativus* (Ito et Kurib.) Drechsler ex Dastur (анаморфа: *Bipolaris sorokiniana* (Sacc.) Shoemaker). Обыкновенная корневая гниль – одно из наиболее распространенных заболеваний хлебных злаков на территории Урала, Западной Сибири и Казахстана. Исследования зауральских фитопатологов, специализирующихся на изучении корневых гнилей, свидетельствуют о том, что развитие этой болезни в Зауралье носит характер медленной эпифитотии.

Большинство исследователей склонно считать, что источники устойчивости к обыкновенной корневой гнили, вызываемой *Cochliobolus sativus*, среди образцов мягкой яровой пшеницы встречаются чрезвычайно редко, а генетическое разнообразие по признакам устойчивости к этой болезни среди изученных генотипов пшеницы низкое. Вместе с тем успешность выявления и отбора устойчивых генотипов к обыкновенной корневой гнили во многом определяется местом проведения отбора (географический фактор) и методическими подходами в оценке устойчивости, которыми оперирует селекционер.

Проводя мониторинг эпифитотийного развития обыкновенной корневой гнили в течение последних 10 лет на территории Южного Зауралья, мы установили зависимость поражения яровой пшеницы от условий увлажнения, и в первую очередь от величины гидротермического коэффициента (ГТК). Таким образом, распространение корневых гнилей сопряжено с аномалиями температурного режима и увлажнения. В связи с этим, отбор на устойчивость к корневой гнили необходимо вести в регионах и в годы с жестким гидротермическим режимом. Установлено, что в засушливые годы сортовые различия в поражаемости пшеницы обыкновенной корневой гнилью особенно заметны.

Шкала учета заболевания по баллам, которой пользуются российские фитоиммунологи и селекционеры, улавливает специфику состояния иммуногенетических барьеров растения, однако недостаточно универсальна. При фитопатологической оценке большого количества сортов было замечено, что многие из них имели одинаковый процент развития корневой гнили, тогда как распространенность болезни была различной.

Так, например, сортобразцы мексиканской коллекции (к-33853 и к-33854) при развитии болезни в 6%, имели распространенность корневой гнили равную соответственно 9 и 18%. Причина – в различном соотношении больных растений по баллам поражения для каждого из этих сортобразцов. Так, образец №1 характеризовался следующим соотношением больных растений: балл 1 – 3 шт., балл 2 – 3 шт., балл 3 – 3 шт. из выборки в 100 растений. Образец №2 был поражен только по первому баллу, в количестве 18 растений из 100. По проценту развития болезни следовало отнести оба сорта к одной группе ценности. Таким образом, используя показатель

развития болезни, рассчитанный по общепринятой формуле, не удается дифференцировать эти два сортообразца: складывается впечатление, что они одинаково поражаемые и для селекции на устойчивость к корневой гнили никакого интереса не представляют.

В связи с этим при оценке сортов и инбредных линий пшеницы нами использовался разработанный курганским фитоиммунологом и генетиком А.П. Голощачовым критерий выносливости (или критерий адаптивности). Критерий адаптивности – это отношение показателя распространения к показателю развития, или отношение максимально теоретически возможной тяжести заболевания к фактической. При использовании трехбалльной шкалы сортообразец к-33853 имеет критерий выносливости, равный 1,5, тогда как образец к-33854 является максимально выносливым ($K_a = 3,0$). Критерий адаптивности не зависит от величины показателя развития болезни, не копирует ее, поэтому сортообразцы с высокими значениями развития болезни могут иметь и максимальную выносливость. И наоборот, нередко бывают случаи, когда показатель развития незначителен, однако выносливость образца довольно низкая.

Иммунологические параметры образцов яровой пшеницы отечественной селекции (в т. ч. сорта и линии Курганского НИИСХ), а также зарубежные образцы, полученные из ВИР, мы изучали на ГСУ и в семеноводческих хозяйствах Курганской области в условиях монокультуры пшеницы. С помощью критерия адаптивности мы оценили более 200 образцов мягкой пшеницы. По методике А.Ф. Коршуновой и Н.А. Кабалкиной и такой большой выборки селекционных образцов можно выделить только два, что свидетельствует о низкой эффективности существующих методик и связанной с этим большой выбраковке ценных форм, которые селекционеры просто не видят, способствуя тем самым циркуляции в научной литературе мнения о том, что источники устойчивости к обыкновенной корневой гнили среди образцов мягкой яровой пшеницы встречаются чрезвычайно редко.

Максимальное количество плюс-адаптивных форм пшеницы было обнаружено из Бразилии, например, максимально плюс-адаптивны (++) к-47059, к-47073: они могут с успехом использоваться в селекции на иммунитет к корневым гнилям. Среди чилийских образцов максимальной плюс-адаптивностью ($K_a = 3$) отличались к-46361, к-46362, к-46370, к-47367.

Высокой адаптивностью к корневой гнили отличались образцы пшениц североамериканского континента: к-46963, к-46968, к-46969, к-47820, к-43103. Следует отметить, что образцы из Канады на 73% состоят из ценных форм, а 18% их являются максимально плюс-адаптивными. Определенную ценность представляют образцы из Турции: к-46548, к-46554. Самую высокую оценку в отношении выносливости получили образцы из Швеции. Эта коллекция на 90% состоит из ценных форм, но особенно хотелось бы выделить образцы к-46596, к-46597, к-46599, к-46602, к-46628.

Селекцию на устойчивость к обыкновенной корневой гнили злаков как у нас в стране, так и за рубежом начали проводить относительно недавно, поэтому стабильных результатов пока не достигнуто ни в одном из ведущих селекционных центров, что, вероятно, связано с применением неадекватных критериев оценки уровня устойчивости сортообразцов к корневой гнили, а также из-за крайне недостаточной изученности влияния на успешность отбора устойчивых форм факторов неоднородности популяции возбудителя обыкновенной корневой гнили по признаку вирулентности.

РОЛЬ АКАДЕМИКА Н.И. ВАВИЛОВА В ФОРМИРОВАНИИ В ОТДЕЛЕ ГЕНЕТИЧЕСКИХ РЕСУРСОВ ПШЕНИЦЫ ВИР КОЛЛЕКЦИИ МЕСТНЫХ ПШЕНИЦ

Е.В. Зуев, О.П. Митрофанова, О.А. Ляпунова, А.Н. Брыкова, Н.С. Лысенко
Федеральный исследовательский центр Всероссийский институт генетических ресурсов
растений имени Н.И. Вавилова, Санкт-Петербург, Россия, e.zuev@vir.nw.ru

THE ROLE OF ACADEMICIAN N.I. VAVILOV IN THE FORMATION OF A COLLECTION OF LOCAL WHEATS AT THE WHEAT DEPARTMENT OF VIR

E.V. Zuev, O.P. Mitrofanova, O.A. Lyapunova, A.N. Brykova, N.S. Lysenko
N.I. Vavilov All-Russian Institute of Plant Genetic Resources, St. Petersburg, Russia,
e.zuev@vir.nw.ru

В последнее время среди ученых, работающих с генетическими ресурсами растений, не ослабевает интерес к поиску и изучению местных сортов. Генбанки организуют экспедиции по поиску оставшихся в производстве стародавних сортов. Стародавние сорта обладают кладезем полезных для селекции генов, которые уже используются или будут использоваться при появлении новых угроз для возделывания сельскохозяйственных растений. Местные сорта пшеницы, правда, часто уступают по урожайности современным сортам, но зато обладают чрезвычайно важными признаками и свойствами для селекции: зимостойкостью, высоким качеством зерна, засухоустойчивостью, непоражаемостью болезнями и вредителями.

С 2000 года в отделе генетических ресурсов пшеницы ВИР проводится систематическая работа по ведению БД «Местные сорта пшеницы в коллекции ВИР», в которую включена информация о местных сортах культурных и редких видах пшеницы с известными координатами сбора. На 2022 г. база данных содержит 14 403 записи по 32 полям. Яровая мягкая пшеница представлена 5671 образцом, озимая мягкая пшеница – 3817, пшеница твердая – 2935 и редкие виды пшеницы – 1980. Более половины образцов (66%) были собраны до 1945 г. Кроме общепринятых полей в формате EURISCO, в базу добавлена информация о собирателе коллекционного образца. На основании данной информации мы смогли выделить образцы, собранные лично Н.И. Вавиловым.

При анализе БД была подтверждена ведущая роль академика Н.И. Вавилова в формировании коллекции местных пшениц. В ВИР сохранены 1635 образцов, доставленных Н.И. Вавиловым, из которых 1606 были собраны лично великим ученым в 34 странах мира. Образцы, собранные П.М. Жуковским, представлены в коллекции отдела 909 образцами из 14 стран (преобладают сборы в Турции). Материал, собранный сотрудником отдела ГР пшеницы Р.А. Удачным, представлен 736 образцами из 7 стран (в основном в среднеазиатских республиках бывшего СССР).

В коллекции яровой мягкой пшеницы отражены практически все экспедиции Н.И. Вавилова: 1916 г. – Таджикистан, Иран; 1922 г. – Франция, 1924 г. – Афганистан, 1925 г. – Россия, Узбекистан, Туркменистан; 1926 г. – Италия, Испания, Греция, Палестина, Израиль, Иордания, Кипр, Ливан, Сирия, Алжир, Марокко, Тунис; 1927 г. – Германия, Джибути, Испания, Португалия, Италия, Греция, Египет, Эфиопия, Эритрея; 1929 г. – Казахстан, Киргизия, Китай, Южная Корея, Япония; 1932 г. – Аргентина, Чили, Перу; 1933 г. – Грузия; 1934 г. – Армения, Азербайджан, Грузия; 1935 г. – Дагестан, Грузия, 1936 г. – Дагестан, Грузия, Армения, Азербайджан; 1938 г. – Грузия; 1939 г. – Северная Осетия, Грузия; 1940 г. – Ленинградская обл. России, Украина. Сборы яровой и озимой мягкой пшеницы (*T. aestivum* L.) преобладают, сохраняются 608 образцов. Среди

редких видов пшеницы в большей степени представлены образцы *T. aethiopicum* Jakubz. (96), *T. dicoccum* Schrank ex Schuebl. (62), *T. turgidum* L. (53), *T. compactum* Host (51).

В большей степени вавиловские сборы сохранены из Италии (151 образец), Афганистана (143), Израиля (138), Испании (135), Эфиопии (130). Местные пшеницы из Кипра, Иордании, Южной Кореи в коллекции ВИР представлены только сборами академика Н.И. Вавилова. Образцы из Испании, Италии, Ливана, Палестины, Марокко также собраны в основном выдающимся ученым.

Сборы местных и диких пшениц, проведенные Н.И. Вавиловым и его соратниками, заложили основу уникальной коллекции, сосредоточенной в ВИР. Подведены итоги полевого изучения образцов яровой мягкой пшеницы, собранных Николаем Ивановичем. В условиях Тамбовской, Московской, Самарской, Ленинградской областей, республики Дагестан, Ташкентской области Узбекистана, Сирии выявлены образцы, характеризующиеся скороспелостью, устойчивостью к желтой ржавчине, крупнозерностью. Продолжение изучения данной коллекции современными методами является актуальной задачей отдела ГР пшеницы.

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ОТДАЛЕННОЙ ГИБРИДИЗАЦИИ В СЕЛЕКЦИИ ЗЕРНОВЫХ КУЛЬТУР

А.Р. Искаков*, К.К. Кожакметов, Ш.О. Бастаубаева

ТОО «Казахский НИИ земледелия и растениеводства», Алматинская область, Казахстан,
*iskakov.ayup@mail.ru

USE OF REMOTE HYBRIDIZATION IN CEREAL CROP BREEDING

A.R. Iskakov*, K.K. Kozhakhmetov, Sh.O. Bastaubayeva

LLP “Kazakh Research Institute of Agriculture and Plant Growing”, Almaty Region,
Kazakhstan, *iskakov.ayup@mail.ru

Исследования по отдаленной гибридизации в КазНИИЗиР проводятся с 1966 года для решения задач по созданию устойчивых и пластичных сортов зерновых культур. В ходе многолетних исследований были получены ценные практические и теоретические результаты по отдаленной гибридизации мягкой пшеницы с видами *Triticum* L. и *Aegilops* L. Было доказано, что с помощью отдаленной гибридизации можно передавать от диких видов культурным сородичам экологическую пластичность, устойчивость к болезням, высокое содержание белка в зерне. На протяжении многих лет путем успешной гибридизации (Кожакметов К.К.) пшеницы *T. aestivum* и видов *T. timopheevii*, *T. militinae*, *T. kiharae*, *T. dicoccoides*, *Ae. cylindrica* Host, *Ae. triaristata* Willd. и получением переходных гибридных форм и продвинутых константных образцов был получен ценный селекционно-генетический материал. После стабилизации формообразовательного процесса полученные отдаленные гибриды были использованы для выделения источников и доноров ценных признаков при создании новых адаптированных сортов пшеницы. Завязываемость при межвидовой гибридизации колебалась в зависимости от комбинации скрещиваний от 11,6–17,8% при скрещивании мягкой пшеницы с видом *T. militinae* до 37,7% при скрещивании с *T. timopheevi*. На основе гибридизации мягкой пшеницы с *Aegilops* впервые получены ценные амфидиплоиды, представляющие ценность в практической селекции как новый исходный материал. Впервые в Казахстане установлены цитогенетические особенности пшенично-эгилопсных гибридов по показателям скрещиваемости, жизнеспособности семян, прохождения процесса микроспорогенеза и макроспорогенеза и возможность создания ценных константных форм пшеничного типа для использования в качестве исходных форм в селекции пшеницы. В результате полученных данных была сформирована коллекция геноисточников и доноров устойчивости пшеницы к бурой ржавчине, которая представляет практический интерес для селекции на устойчивость к данному патогену в естественных условиях и имеющие подтверждение на инфекционном фоне (Рсалиев А.С). С использованием ДНК-маркеров для ряда *Lr*-генов проведена идентификация генов устойчивости у интрогрессивных линий яровой мягкой пшеницы, созданных в КазНИИЗиР, которые несут генетический материал от диких видов и сородичей. Установлено, что данные линии обладают как эффективными генами устойчивости, так и неэффективными. Ряд переходных форм и генотипов характеризовались стабильной по годам устойчивостью к бурой ржавчине на естественном фоне (0–5%): интрогрессивные формы 6625 × *T. timopheevii* и Казахстанская 10 × *T. dicoccum*. В этих же условиях стандартные сорта ‘Казахстанская раннеспелая’ и ‘Карабалыкская 90’ поражались полностью (100%). На полевом стационаре отдела генофонда полевых культур КазНИИЗиР на хозяйственную ценность были изучены 78 линий межродовых и межвидовых скрещиваний, среди которых выделены по устойчивости к полеганию – 2 линии (Жетысу × *T. militinae* (10%); по массе 1000 зерен – 8 линий (Безостая 1 × *Ae. triaristata* (42 г); по устойчивости к желтой и бурой

ржавчине (R – 0–10%) – 25 линий из гибридных комбинаций Безостая 1 × *Ae. cylindrica*; к желтой ржавчине (R – 0–10%) 3 линии – Карлыгаш × *T. timopheevi* (10%); к бурой (R – 0–5%) 8 линий – из гибридных комбинаций Безостая 1 × *Ae. triaristata*, 4 линии – Жетысу × *T. timopheevii*, 9 линий – Жетысу × *T. kihara*, 8 линий – Стекловидная 24 × *T. timopheevii*. По величине коэффициента седиментации, тесно коррелирующего с количеством белка, выделены константные линии из гибридной комбинации Безостая 1 × *Ae. cylindrical* (44 ед. сед.) и Стекловидная 24 × *T. timopheevi* (46 ед. сед.). Созданные, охарактеризованные (UPOV-морфология, минеральный и биохимический состав, урожайность, устойчивость) и идентифицированные (по DUS-тесту, составу глина, глютеина, SSR-маркерам, 1B/1R; 2B/2G транслокациям) новые формы озимой пшеницы переданы в международные программы по селекции (СИММИТ) (Абугалиева А.И., Моргунов А.И.). В результате этих исследований были получены перспективные высокоурожайные, устойчивые к болезням и обладающие высоким качеством зерна линии, которые находятся на хранении в генофонде КазНИИЗиР для дальнейшего применения в селекции. Лучшие из них зарегистрированы в Национальной системе гермоплазмы растений USDA.

Благодаря открытию феномена элиминации хромосом у отдаленных гибридов стало возможным использовать отдаленную гибридизацию также как метод гаплопродюсера при получения удвоенных гаплоидов. Открытие «bulbosum» метода оказала революционное влияние на хромосомную инженерию злаков и ее использование в селекции растений. Данный метод основан на феномене элиминирования половины хромосом в клетках гибридного ячменя на ранних стадиях эмбриогенеза. Этот процесс можно наблюдать при межвидовом скрещивании ячменя (*Hordeum vulgare*) с ячменем луковичным (*H. bulbosum*), при котором происходит элиминирование хромосом *H. bulbosum*. Данный метод совершенствовался на протяжении нескольких лет, что сделало его достаточно эффективным. К настоящему времени метод элиминирования хромосом позволил получить большое число гаплоидных и дигаплоидных линий и применяется в селекционных программах при работе с генотипами, которые трудно поддаются гомозиготизации другими методами получения гаплоидных форм. Первые опыты по применению «bulbosum» метода в КазНИИЗиР начались в 1990 году. Изучались разные варианты скрещиваний, условия выращивания растений и доращивания срезанных колосьев, условия дигаплоидизации. Завязываемость при скрещивании гибридов ячменя с луковичным ячменем в нашем опыте в зависимости от генотипа составила от 28,5% до 54,6%, выход жизнеспособных гаплоидных зародышей варьировал в пределах 13,9% – 26,3%, число жизнеспособных гаплоидных растений от 0% до 20,8%. Опыты показывают, что, хотя завязываемость и рост гибридных зародышей определяется генотипом, их можно также регулировать с помощью различных стимуляторов. Преждевременная дегенерация гибридных зародышей является одним из критических этапов. Для замедления этого процесса колосья обрабатывали ГК и 2,4 Д. Всего было получено 13 удвоенных гаплоидов, которые прошли оценку на гомозиготность методом электрофореза запасных белков. В дальнейшем из них были выделены 23 линии по результатам оценки на засухоустойчивость физиологическими тестами и анализа на урожайность. Большинство дигаплоидных линий ячменя значительно превосходили стандартные номера. После изучения в КСИ и соответствующего размножения три номера были переданы в Государственную комиссию по сортоиспытанию. В результате сорт 'Акжол' был внесен в реестр селекционных достижений и районирован для возделывания в Юго-Восточном регионе страны.

Таким образом, результаты исследований подтверждают эффективность использования удвоенных гаплоидов для создания хозяйственно ценных форм ячменя для практической селекции.

РЕАКЦИЯ СОРТОВ ЯРОВОЙ МЯГКОЙ ПШЕНИЦЫ РАЗНЫХ ГРУПП СПЕЛОСТИ НА ЗАСУХУ В ПРЕДУРАЛЬСКОЙ СТЕПИ БАШКОРТОСТАНА

К.Р. Исмагилов*, И.К. Каримов

Уфимский федеральный исследовательский центр Российской академии наук,
Башкирский научно-исследовательский институт сельского хозяйства – обособленное
структурное подразделение УФИЦ РАН, Уфа, Россия, *ismagilovk@mail.ru

REACTION OF SPRING BREAD WHEAT CULTIVARS WITH DIFFERENT RIPENESS SCHEDULES TO DROUGHT IN THE CIS-URAL STEPPE OF BASHKORTOSTAN

K.R. Ismagilov*, I.K. Karimov

Ufa Federal Research Center of the Russian Academy of Sciences, Bashkir Research Institute of
Agriculture, subdivision of the UFRS RAS, Ufa, Russia, *ismagilovk@mail.ru

Яровая пшеница – основная зерновая культура в Республике Башкортостан. Она возделывается на площади около 750 тыс. га. Одним из неблагоприятным природным фактором формирования урожая яровой пшеницы на территории предуральской степи республики является засуха. Особенно сильно засушливые условия сложились в 1975, 2010 и 2021 годы и урожайность яровой пшеницы не превышала 12 ц с гектара. В связи с этим важно создание сортов яровой пшеницы с повышенной засухоустойчивостью, позволяющие стабильно получать урожай по годам. Нами проведена оценка реакции трех групп сортов яровой пшеницы (*Triticum aestivum* L.) по спелости (среднеранний ‘Гренада’, среднеспелый ‘Ульяновская 105’, среднепоздний ‘Зауральская жемчужина’). Полевые опыты проводили в Чишминском селекционном центре Башкирского НИИСХ УФИЦ РАН в 1919–1921 годы.

Чишминский селекционный центр расположен в предуральской степной зоне республики. Почва селекционного центра представлена черноземами. Климат района резко континентальный – с холодной зимой и умеренно жарким летом, неустойчивостью по годам и временам года, резкой сменой тепла и холода. Отрицательная температура устанавливается в последней декаде октября и держится примерно до первой декады апреля. Самый холодный месяц – январь (средне многолетняя температура – 15°C), самый теплый – июль (средне многолетняя температура 19,3°C). Безморозный период в среднем составляет 116 дней, с отклонениями в отдельные годы от 78 до 179 дней. Сумма активных температур (выше 10°C) составляет 2186 градуса. Продолжительность вегетационного периода с температурой выше 5°C составляет 169 дней. Средне многолетняя сумма атмосферных осадков составляет 491 мм. Осадки выпадают очень неравномерно, наибольшее количество их выпадает в июне, июле и августе. Агрометеорологические условия в 2019–2020 годы в целом отражали климат зоны. Вегетационный период 2021 г. был с аномально жаркой и сухой погодой. За период вегетации яровой пшеницы (май – июль) выпало всего 74,7 мм осадков, и среднемесячная температура воздуха превышала климатическую норму на 2–4,4°C. В некоторые сутки в дневные часы температура воздуха поднималась до 38–42°C. Относительная влажность воздуха составляла 42–57%. Полевые опыты проводили по общепринятой методике Государственного сортоиспытания (Методика государственного..., 1989). Учетная площадь делянок 20 м², повторность вариантов шестикратная. Предшественник горох. Технология возделывания была принятая в данной зоне. Учет урожайности проводили сплошным обмолотом комбайном ХЕГЕ 125. Полевые наблюдения проводились согласно «Методике государственного сортоиспытания сельскохозяйственных культур» и методическим указаниям, разработанным в ВИР.

Исследования показали, что изученные сорта неодинаково реагируют на засуху. Информативным показателем реакции сортов на внешние условия является скорость роста и развития. Продолжительность вегетации у среднераннего сорта 'Гренада' в засушливом 2021 году по сравнению с 2019 и 2020 годами сократилась на 17 суток, среднеспелого сорта 'Ульяновская 105' – на 18 суток, среднепозднего сорта 'Зауральская жемчужина' – на 19 суток. Растения яровой пшеницы на засуху реагировали изменением морфометрических показателей. Высота растений у среднераннего сорта 'Гренада' в засушливом 2021 году уменьшилась на 22 см, среднеспелого сорта 'Ульяновская 105' – на 25 см, среднепозднего сорта 'Зауральская жемчужина' – на 27 см. В 2021 году наблюдался процесс угнетения побегообразования, и усилилась редукция побегов растений у всех изученных сортов яровой пшеницы, что повлияло на продуктивную кустистость. Засуха отрицательно повлияла на элементы продуктивности растений яровой пшеницы. Количество зерен в колосе у среднераннего сорта 'Гренада' в засушливом 2021 году уменьшилось на 1,2 шт., среднеспелого сорта 'Ульяновская 105' – на 2,2 шт., среднепозднего сорта 'Зауральская жемчужина' – на 2,1 шт., масса 1000 зерен, соответственно, на 2,1 г, 1,8 г и 3,9 г. В конечном итоге урожайность зерна посева сортов яровой пшеницы резко снизилась. Урожайность зерна у среднераннего сорта 'Гренада' в засушливом 2021 году составила 16,3 ц/га, что меньше средней урожайности в 2019–2020 гг. на 7,0 ц/га, среднеспелого сорта 'Ульяновская 105', соответственно, 22 ц/га и на 13,7 ц/га, среднепозднего сорта 'Зауральская жемчужина', соответственно, 16,7 ц/га и на 12,1 ц/га.

Таким образом, сорта яровой пшеницы разных групп спелости на засуху реагируют в разной степени: чем позднее созревает сорт, тем сильнее реагирует на стрессовые условия засухи.

ПЕРСПЕКТИВЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ KASP-МАРКЕРА ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ АЛЛЕЛЬНОГО СОСТОЯНИЯ ГЕНА ZDS У ТВЕРДОЙ ПШЕНИЦЫ

**В.А. Коробкова¹, А.В. Архипов¹, А.Д. Воропаева², А.С. Яновский², Д.С. Ульянов¹,
М.Г. Дивашук¹**

¹ Всероссийский научно-исследовательский институт сельскохозяйственной биотехнологии, Москва, Россия, bowlingistka@gmail.com

² Национальный центр зерна имени П.П. Лукьяненко, Краснодар, Россия

POSSIBILITY OF USING THE KASP MARKER TO DETERMINE THE ALLELIC VARIANT OF THE ZDS GENE IN DURUM WHEAT

**V.A Korobkova¹, A.V. Arkhipov¹, A.D. Voropaeva², A.S. Yanovski², D.S. Ulyanov¹,
M.G. Divashuk¹**

¹ All-Russia Research Institute of Agricultural Biotechnology, Moscow, Russia,
bowlingistka@gmail.com

² National Center of Grain named after P.P. Lukyanenko, Krasnodar, Russia

Твердая пшеница (*Triticum durum*) – важная продовольственная культура, зерно которой обладает такими уникальными свойствами, как повышенное содержание клейковины и легко усвояемого белка, характеризующегося питательной ценностью. Зерно твердой пшеницы особенно ценится, так как оно является единственным сырьем для производства высококачественных макаронных изделий. В свою очередь одним из важных показателей качества круп и пасты, производимых из твердой пшеницы, является цвет изделий. Желтый цвет конечной продукции обусловлен накоплением в эндосперме зерна желтых пигментов – каротиноидов, обладающих провитаминными и антиоксидантными свойствами. *Zds*, контролирующий активность фермента z-каротиндесатуразы, – один из генов, участвующих в биосинтезе каротиноидов, расположенный в локусе, оказывающем влияние на индекс желтизны (YI) и на содержание желтых пигментов (YPC) в зерне.

В нашем исследовании мы проанализировали 211 образцов яровой и 57 сортов озимой твердой пшеницы, выращенных на полях НЦЗ им. П.П. Лукьяненко, с помощью KASP-маркера ZDS-A1-SNP. Этот кодоминантный маркер позволяет выявить два аллельных варианта гена *Zds*: аллель *Zds-A1a* (снижает YPC и YI), и *Zds-A1b* (повышение YPC и YI).

Из всех проанализированных сортов озимой твердой пшеницы лишь один образец обладает аллелем *Zds-A1a*. Остальные 56 сортов обладают аллельным вариантом *Zds-A1b*, значение индекса желтизны этих образцов варьируется в пределах от 22,04 до 28,27. Среди яровых образцов твердой пшеницы 31 образец обладает аллелем *Zds-A1a*. Остальные 180 образцов несут аллель *Zds-A1b*, их YI варьируется от 22,1 до 31,1, что соответствует высоким значениям этого показателя.

KASP-маркер ZDS-A1-SNP может успешно применяться в MAS-селекции, направленной на повышение концентрации желтых пигментов в зерне, для эффективного и быстрого отбора образцов, несущих нужный аллель гена *Zds*.

Работа выполнена при поддержке гранта РФФИ № 21-16-00121.

**ВКЛАД ГЕНОВ КОРОТКОСТЕБЕЛЬНОСТИ (*Rht*), ЧУВСТВИТЕЛЬНОСТИ
К ФОТОПЕРИОДУ (*Ppd*) И ГЛУТАМИНСИНТЕТАЗЫ (*GS2*)
В УРОЖАЙНОСТЬ МЯГКОЙ ПШЕНИЦЫ**

А.А. Кочешкова, М.С. Баженов, А.Г. Черноок, М.Г. Дивашук
Всероссийский научно-исследовательский институт сельскохозяйственной
биотехнологии, Москва, Россия, alina.korotaeva@gmail.com

**CONTRIBUTION OF THE GENES FOR REDUCED HEIGHT (*Rht*), SENSITIVITY
TO PHOTOPERIOD (*Ppd*) AND GLUTAMINE SYNTHASE (*GS2*)
TO BREAD WHEAT YIELD**

A.A. Kocheshkova, M.S. Bazhenov, A.G. Chernook, M.G. Divashuk
All-Russia Research Institute of Agricultural Biotechnology, Moscow, Russia,
alina.korotaeva@gmail.com

Основными факторами резкого повышения урожайности зерна пшеницы в период «зеленой революции» 1960-х годов послужили короткостебельность растений, связанная с мутациями в генах *Rht-B1* и *Rht-D1*, и фотопериодическая нейтральность, дающая ранний переход к цветению, ассоциированная с мутацией гена *Ppd-D1*. Сорты «зеленой революции» устойчивы к полеганию, а их урожайность в 2-3 раза выше, так как они, по сравнению со старыми высокорослыми сортами, больше расходуют ассимилятов на формирование зерна и меньше – на солому и листья. Однако возделывание таких сортов требует внесения большого количества удобрений, что приводит к высокой экологической нагрузке сельского хозяйства на окружающую среду. Повышение эффективности использования азота одновременно с сохранением высоких урожаев – современные цели селекции пшеницы.

Фермент глутаминсинтетаза (GS) играет ключевую роль в ассимиляции азота, а именно в усвоении аммония. В предыдущих исследованиях было показано, что ген *TaGS2-A1*, кодирующий пластидную изоформу GS, связан с эффективностью использования азота у пшеницы.

Цель исследования – оценить влияние генов «зеленой революции» *Rht-B1*, *Rht-D1* и *Ppd-D1*, совместно с геном глутаминсинтетазы *TaGS2-A1* в коллекции сортов озимой мягкой пшеницы.

С помощью ПЦР-маркеров изучена ассоциация урожайности и хозяйственно ценных признаков с гаплотипами генов *Rht-B1*, *Rht-D1*, *Ppd-D1* и *TaGS2-A1* в разнообразной коллекции сортов озимой мягкой пшеницы, выращенной в Краснодаре (Россия). В трехлетнем опыте было подтверждено, что полукарликовость и нечувствительность к фотопериоду ассоциированы с более высокой урожайностью зерна. Гаплотип *TaGS2-A1b* чаще встречался у образцов с более высокой устойчивостью к бурой ржавчине и имел тенденцию к повышению урожайности зерна и устойчивости к полеганию, но преимущественно у растений, не обладающих аллелями «зеленой революции». Таким образом, *TaGS2-A1b* может иметь потенциал для селекции чувствительных к фотопериоду сортов пшеницы с альтернативными генами карликовости, которые могут быть оптимальными для выращивания в определенных условиях.

Благодарности: Авторы выражают благодарность заведующей отделом селекции и семеноводства пшеницы и тритикале, академику РАН, доктору сельскохозяйственных наук Беспаловой Людмиле Андреевне за предоставление растительного материала.

Исследование выполнено при финансовой поддержке РНФ в рамках научного проекта № 21-76-00043.

СРАВНИТЕЛЬНАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ИЗОГЕННЫХ ЛИНИЙ ЯЧМЕНЯ ПО СОДЕРЖАНИЮ АНТОЦИАНОВ В ЗЕРНОВКЕ И СТРУКТУРЕ УРОЖАЯ

Т.В. Кукоева^{1, 2*}, А.Ю. Глаголева^{1, 2}, О.Ю. Шоева^{1, 2}, Е.К. Хлесткина^{1, 2}

¹ Федеральный исследовательский центр Институт цитологии и генетики Сибирского отделения Российской академии наук, Новосибирск, Россия, *kukoeva@bionet.nsc.ru

² Федеральный исследовательский центр Всероссийский институт генетических ресурсов растений имени Н.И. Вавилова, Санкт-Петербург, Россия

COMPARATIVE CHARACTERISTICS OF ISOGENIC BARLEY LINES ACCORDING TO ANTHOCYANIN CONTENT AND YIELD

T.V. Kukoeva^{1, 2*}, A.Yu. Glagoleva^{1, 2}, O.Yu. Shoeva^{1, 2}, E.K. Khlestkina^{1, 2}

¹ Institute of Cytology and Genetics, Siberian Branch of Russian Academy of Sciences, Novosibirsk, Russia, *kukoeva@bionet.nsc.ru

² N.I. Vavilov All Russian Institute of Plant Genetic Resources, St. Petersburg, Russia

Для повышения пищевой ценности зерновых культур в мире существует устойчивая тенденция насыщения зерна биологическими активными соединениями, такими как антоцианы, являющиеся источником антиоксидантов. Поэтому необходимость создания исходного материала, а в дальнейшем и сортов ячменя с повышенным содержанием антоцианов для функционального питания, становится все более ощутимой, как для России в целом, так и для Сибирского региона в частности. Параллельно получению гибридов, на сибирских сортах 'Алей', 'Танай', 'Ворсинский 2', были получены изогенные линии, как источники генов фиолетовой окраски перикарпия *Ant1* в 7Н хромосоме, *Ant2* во 2Н хромосоме и голубой окраски алейрона ген *HvMuc2* в 4Н хромосоме. Источником этих генов были почти изогенные линии PLP (ген *Ant1* и *Ant2*) и ВА (ген *HvMuc2*) предоставленные нам Нордик Ген Ванком. Мы провели отбор гомозиготных растений из популяции F₂ с помощью внутригенных маркеров. Из выбранных растений от каждого скрещивания мы отобрали по 6 растений и высевали их в поле, где визуально проводился отбор выровненных растений по фенотипическим признакам. В дальнейшем проведено шестикратное бэккросирование на исходные сибирские сорта и маркер – контролируемый отбор гомозиготных растений после каждого возвратного скрещивания в F₂. Полученные линии доведены до шестого поколения и отобраны следующие фенотипы: фиолетовый перикарпий пленчатая зерновка по скрещиванию на линию PLP и два фенотипа от скрещивания на линию ВА: голубой алейрон пленчатая зерновка и голубой алейрон голозерная зерновка. У этих линий в шестом поколении полевых образцов было определено количественное содержание антоцианов в целом зерне, при помощи спектрометрического анализа. Нами брались навески по 4 г, размлачивались на кофемолке в течении 1 мин и инкубировались в холодильнике в растворе 1% HCL/метанол в течении суток, центрифугировались при 1200 оборотах при 4°C 25 мин, отбиралась фракция 150 мкл, измерение проводилось на спектрофотометре. По содержанию антоцианов, линии превышали родительские формы в 1.5–2 раза. Также будет проведено сравнение всех фенотипических признаков с родительскими формами и стандартами Сибирского региона.

Работа выполнена при поддержке гранта РНФ № 21-76-10024.

ПЕРСПЕКТИВА РАБОТЫ С КУЛЬТУРАМИ ПРОСА И ЧУМИЗЫ НА КОРМОВЫЕ ЦЕЛИ В ЛЕНИНГРАДСКОЙ ОБЛАСТИ

Т.В. Кулемина¹, О.М. Сотникова², И.И. Матвиенко¹

¹ Федеральный исследовательский центр Всероссийский институт генетических ресурсов растений имени Н.И. Вавилова, Санкт-Петербург, Россия, kkku@ya.ru

² Федеральный исследовательский центр Всероссийский институт генетических ресурсов растений имени Н.И. Вавилова, Екатеринбургская опытная станция – филиал ВИР, Тамбовская обл., Россия

PROSPECTS OF WORKING WITH MILLET AND FOXTAIL MILLET CROPS FOR FODDER PURPOSES IN LENINGRAD PROVINCE

T.V. Kulemina¹, O.M. Sotnikova², I.I. Matvienko¹

¹ N.I. Vavilov All-Russian Institute of Plant Genetic Resources, St. Petersburg, Russia, kkku@ya.ru

² N.I. Vavilov All-Russian Institute of Plant Genetic Resources, Yekaterinino Experiment Station of VIR, Tambov Province, Russia

Прогнозируемое повышение глобальной температуры воздуха в ближайшие десятилетия создает перспективу для возделывания теплолюбивых и засухоустойчивых культур, проса и чумизы в более северных широтах (например, в Ленинградской области) на кормовые цели в виде зеленой массы, соломы и сена, превосходящих по качеству сено овса, сорго, кукурузы, тимофеевки. Являясь растениями короткого дня, в условиях более длинного светового периода, эти культуры способны наращивать зеленую массу в значительном количестве за счет задержки репродуктивного роста и увеличения вегетативного. Чумиза и просо, при правильном их выращивании, могут стать отличным дополнением кукурузы в виде концентрированного и зеленого корма с высоким содержанием питательных веществ для продуктивных животных.

Цель работы – изучить культуру проса и чумизы в условиях Ленинградской области. Исследования проводили в контрастных погодных условиях (2021–2022 гг.) в отделе физиологии НПБ «Пушкинские и Павловские лаборатории ВИР» (г. Пушкин). Растения выращивали в сосудах. В каждый горшок сеяли по 20 зерен с последующим прореживанием всходов от слаборазвитых проростков, оставляя в сосуде до 10 нормально развитых растений. Материалом исследования служили 19 образцов проса и 5 образцов чумизы разного географического происхождения. Растения оценивали по высоте, числу узлов, облиственности, площади листовой пластинки, среднюю величину выражали в баллах с максимальным значением 9, продолжительности периодов «всходы – выметывание» и «всходы – созревание» – в соответствии с международным классификатором СЭВ.

Результаты изучения образцов показали, что в условиях Ленинградской области у растений чумизы и проса длина периода «всходы – выметывание» и всего вегетационного периода в среднем составила 70 и 110 дней соответственно, т. е. они оказались достаточно позднеспелыми. По высоте растений образцы были высокорослыми (7 баллов) и очень высокорослыми (9 баллов) с повышенным числом узлов (7–9 баллов). Облиственность у образцов сильная и очень сильная (7–9 баллов). Площадь листовой пластинки увеличена (5–7 баллов). Зеленая масса высокая, более 7 баллов. Учитывая, что образцы проса и чумизы в условиях Ленинградской области сохраняют зеленую массу до конца летнего сезона, в связи с удлинением периода «всходы – выметывание», то их можно рекомендовать для возделывания на кормовые цели для этой зоны.

Работа выполнена в рамках государственного задания согласно тематическому плану ВИР по проекту № 0481-2022-0001.

УСТОЙЧИВОСТЬ ОБРАЗЦОВ ЯЧМЕНЯ ИЗ ВОСТОЧНОАЗИАТСКОГО ЦЕНТРА РАЗНООБРАЗИЯ КУЛЬТУРЫ К ДВУМ ФОРМАМ ВОЗБУДИТЕЛЯ СЕТЧАТОЙ ПЯТНИСТОСТИ

Н.М. Лашина¹, О.С. Афанасенко¹, О.Н. Ковалева²

¹ Всероссийский научно-исследовательский институт защиты растений, Санкт-Петербург, Россия, nlashina@mail.ru

² Федеральный исследовательский центр Всероссийский институт генетических ресурсов растений имени Н.И. Вавилова, Санкт-Петербург, Россия

RESISTANCE OF BARLEY ACCESSIONS FROM THE EAST ASIAN CENTER OF DIVERSITY TO TWO FORMS OF THE NET BLOTCH CAUSAL AGENT

N.M. Lashina¹, O.S. Afanasenko¹, O.N. Kovaleva²

¹ All-Russian Research Institute of Plant Protection, St. Petersburg, Russia, nlashina@mail.ru

² N.I. Vavilov All-Russian Institute of Plant Genetic Resources, St. Petersburg, Russia

Сетчатая пятнистость – одна из вредоносных болезней ячменя в ареале возделывания культуры. У возбудителя сетчатой пятнистости – гриба *Pyrenophora teres* Drechsler на основании различной симптоматики выделяют две формы: *P. teres* f. *teres* – вызывает пятнистость с сетчатым рисунком и *P. teres* f. *maculata* Smed.-Pet. – вызывает симптомы округлой пятнистости на листьях ячменя.

Использование устойчивых сортов ячменя – это экологически безопасный и экономически оправданный способ борьбы с болезнями. Для его осуществления необходимы коллекции источников специфической и неспецифической устойчивости. Традиционно поиск эффективных источников устойчивости зерновых культур к болезням проводят среди образцов из центров генетического разнообразия. Н.И. Вавилов (1926) определил одним из таких центров Юго-Восточную Азию. Характерными особенностями ячменей восточноазиатского генцентра являются: низкорослость, плотный укороченный колос, близкое к сферическому зерно, короткоостистость и безостость. В этом генцентре сосредоточено большое разнообразие шестирядных ячменей. Многие образцы из Японии и Китая заслуживают внимания своей скороспелостью. Ячмени Монголии выделяются устойчивостью к засухам, некоторые из них выносливы к повышенному засолению почв.

Целью данного исследования являлось выявление источников устойчивости к двум формам возбудителя сетчатой пятнистости среди коллекции ячменя из Восточноазиатского центра генетического разнообразия культуры.

Материалом для изучения послужила коллекция из 53 образцов ячменя ВИР из Китая, Японии и Монголии. Среди изучаемых образцов ячменя только 2 (к-10931 и к-18267) были двурядные, все остальные принадлежали к шестирядным. В исследовании использовали десять изолятов гриба *P. teres* различного географического происхождения: 8 изолятов – *P. teres* f. *teres* и 2 изолята – *P. teres* f. *maculata*.

Устойчивость проростков ячменя оценивали в контролируемых условиях климатической комнаты Всероссийского научно-исследовательского института защиты растений. В качестве контроля использовали восприимчивые сорта 'Пиркка' и 'Харрингтон'. Семена высевали в контейнеры 15 × 21 см, наполненные почвогрунтом и культивировали в течение двух недель при температуре 20–22°C со световым периодом 16 часов – день, 8 часов – ночь. Каждый образец был представлен тремя растениями в трех повторностях (всего 9 растений одного образца к 1 изоляту патогена). Инокуляцию растений проводили в фазу 2-3-х листьев суспензией конидий гриба в концентрации 5000 конидий/мл. После инокуляции растения оставляли в условиях влажной камеры на 48 ч при температуре 20–22°C без света. Через двое суток инокулированные растения помещали в светоустановки с тем же фотопериодом и с влажностью воздуха 60–70%.

Типы реакций проростков оценивали на втором листе через 10–12 дней после инокуляции по 10-балльной шкале для *f. teres* и по 9-балльной шкале – для *f. maculata*.

Устойчивость взрослых растений изучали в течение двух лет на искусственном инфекционном фоне на опытном поле Пушкинских лабораторий ВИР.

Устойчивостью ко всем изолятам *P. teres f. teres* (средний балл 3,1) отличались четыре образца: к-3945, к-11011, к-15812 и к-20497; устойчивыми к большинству исследованных изолятов, но восприимчивыми к одному, оказались образцы: к-2959, к-15811, к-17820, что свидетельствовало об их расоспецифической устойчивости. Устойчивостью к изолятам *P. teres f. maculata* (средний балл 3,3) отличались четырнадцать образцов, среди них к-10984, к-11011, к-11031, к-11169, к-18973, к-20249, к-20497 и др.

Устойчивыми к двум формам возбудителя сетчатой пятнистости оказались два образца из Японии: к-11011 и к-20497.

Большинство образцов, устойчивых в фазе проростков, были устойчивы и на искусственном инфекционном фоне к *P. teres f. teres*.

Таким образом, среди образцов из восточноазиатского центра разнообразия ячменя выявлено четыре новых источника устойчивости к *P. teres f. teres*, четырнадцать – к *P. teres f. maculata* и два к обеим формам возбудителя сетчатой пятнистости.

Работа поддержана грантом РФФИ бел.20-516-00007.

УСТОЙЧИВОСТЬ К ПОЛЕГАНИЮ КОРОТКОСТЕБЕЛЬНЫХ ОБРАЗЦОВ ЯЧМЕНЯ

К.А. Лукина, О.Н. Ковалева

Федеральный исследовательский центр Всероссийский институт генетических ресурсов растений имени Н.И. Вавилова, Санкт-Петербург, Россия, k.lukina@vir.nw.ru

LODGING RESISTANCE OF SEMIDWARF BARLEY ACCESSIONS

K.L. Lukina, O.N. Kovaleva

N.I. Vavilov All-Russian Institute of Plant Genetic Resources, St. Petersburg, Russia,
k.lukina@vir.nw.ru

Ячмень (*Hordeum vulgare* L.) – одна из важнейших зерновых культур, которая используется на продовольственные и кормовые цели. Урожайность зерна является основной задачей при создании новых сортов, однако в настоящее время уделяют большое внимание качеству зерна и устойчивости к полеганию. Низкая устойчивость к полеганию может значительно снизить и урожайность, и качество зерна. Полегание зависит от множества факторов, среди которых определяющее значение имеет длина стебля. В настоящее время наиболее популярна селекция полукарликовых сортов. У ячменя обнаружено более 30 генов карликовости и полукарликовости, однако лишь немногие из них используются в селекционных программах. К сожалению, короткостебельные мутанты часто имеют нежелательные признаки (слаборазвитая корневая система, округлые мелкие зерновки, укороченные колосья, низкая масса 1000 зерен, позднеспелость). Наиболее изучены и широко используются в селекции гены *sdw1/denso* (*HvGA20ox2*), *uzu1* (*HvBRI1*) и *ari-e*. Уникальные образцы с идентифицированными генами короткостебельности хранятся и изучаются в различных генетических банках, включая мировую коллекцию генетических ресурсов ячменя ВИР.

Цель исследования – оценка выделенных ранее образцов ярового ячменя с короченной соломиной по высоте растений и устойчивости к полеганию в условиях северо-запада РФ.

Материалом для исследований служили 12 образцов, которые по результатам проведенного нами молекулярного скрининга являются носителями аллелей *sdw1.d* либо *uzu1.a*, остальные 36 короткостебельных форм пока еще не генотипированы. Образцы высевали на делянках площадью 1 кв. м в 2021 и 2022 г. на полях НПБ «Пушкинские и Павловские лаборатории ВИР» (Санкт-Петербург, Пушкин). Наблюдения осуществляли согласно методическим указаниям ВИР (2012). Среднюю высоту растений измеряли от поверхности почвы до вершины колоса в центре делянки. Устойчивость к полеганию оценивали в течение вегетационного периода глазомерно по шкале от 1 (очень низкая) до 9.

Погодные условия в период вегетации 2021 г. существенно отличались от средних многолетних показателей. Температура в течение вегетации была выше средних многолетних значений, а осадки были редкими, что привело к снижению урожайности из-за стерильности главных колосьев, череззернице, уменьшению высоты растений, низкой кустистости, а также к слабому развитию грибных болезней и отсутствию полегания. Условия 2022 г. были благоприятны для роста и развития ячменя и мало отличались от средних многолетних значений. Ливневые дожди в июле и начале августа привели к полеганию, что позволило дифференцировать изучаемую коллекцию по этому признаку.

В результате изучения коллекции короткостебельных образцов ячменя установлено (таблица):

- засушливые условия 2021 г. привели к уменьшению высоты в среднем на 20 см и отсутствию полегания;

- в 2022 г. увеличивалась высота растений образцов, несущих аллели короткостебельности *sdw1.d* и *uzu1.a*, что не отразилось на их устойчивости к полеганию

- восемь образцов, не имеющих аллелей *sdw1.d* и *uzu1.a*, были короткостебельными в 2022 г., что позволяет предположить наличие у них других аллелей короткостебельности.

Таблица. Характеристика образцов ячменя по высоте и устойчивости к полеганию (Пушкин, 2021–2022 гг.)

№ по каталогу ВИР	Название	Происхождение	Аллель	Высота, см		Устойчивость к полеганию	
				2021	2022	2021	2022
25801	Laschkes Korona	Германия		51,6 ± 0,7	91,8 ± 5,2	9	5
30016	C.I.11077	Перу		42,6 ± 2,6	77,0 ± 1,6	9	5
8953		Турция		46,8 ± 1,0	77,0 ± 2,3	7	5
31430	AF Lucius	Чехия	<i>sdw1.d</i>	45,6 ± 0,7	59,4 ± 1,9	9	9
30284	Namoi	Австралия	<i>sdw1.d</i>	65,2 ± 3,2	61,3 ± 2,2	9	9
21338	Ehimehadaka N 4	Япония	<i>uzu1.a</i>	29,2 ± 0,8	48,0 ± 1,7	9	9
21341	Jamatohadaka	Япония	<i>uzu1.a</i>	29,4 ± 1,1	53,4 ± 2,0	9	9
28957	Karan 3	Индия		42,4 ± 1,7	57,2 ± 2,3	9	9
31059	Tamalpais	США		40,4 ± 0,7	46,7 ± 1,4	9	9
			HCP _{0,5}	5,3	6,4		

Наличие генов короткостебельности у образцов ячменя определяет устойчивость к полеганию независимо от влияния погодных условий.

Работа выполнена при финансовой поддержке проекта Минобрнауки России «Национальная сетевая коллекция генетических ресурсов растений для эффективного научно-технологического развития РФ в сфере генетических технологий» по соглашению № 075-15-2021-1050 от 28.09.2021 г.

ИСТОРИЯ МАКАРОН

О.А. Ляпунова

Федеральный исследовательский центр Всероссийский институт генетических ресурсов растений им. Н.И. Вавилова, Санкт-Петербург, Россия, o.liapounova@vir.nw.ru

HISTORY OF MACARONI

O.A. Lyapunova

N.I. Vavilov All-Russian Institute of Plant Genetic Resources, St. Petersburg, Russia, o.liapounova@vir.nw.ru

Истоки происхождения макарон лежат так далеко во времени, что сейчас невозможно совершенно точно установить время и место зарождения макаронной культуры. Их путь в истории начался немного позже начала выращивания пшеницы человеком, которое точно установлено для Междуречья – 8–10 тысяч лет назад. Историки отмечают как минимум три возможных следа – цивилизация этрусков, арабы или китайцы.

Этруски – древняя цивилизация, населявшая в I тысячелетии до н. э. северо-запад Апеннинского полуострова (современная Тоскана) – выходцы из Лидии, области в Малой Азии (современная Турция). Историки установили, что на изображениях некрополя этрусков «Бандитачча» IV века до н. э., отражены приспособления для изготовления и приготовления макарон. При раскопках древних пирамид в Египте было найдено большое количество изображений людей, занятых приготовлением лапши как запаса для питания по дороге в царство мертвых – IV тысячелетии до н. э. Самое древнее упоминание о макаронах принадлежит китайцам. При раскопках в 2005 г. древнего поселения Лацзянь на берегу реки Хуанхэ был обнаружен горшок с лапшой, возраст которого составляет 4000 лет.

Разные народы имеют свои представления о возникновении макарон и самого слова.

Есть мнение, что они произошли от греческого *makaria* («блаженная», «счастливая»). Другие же связывают его с древнегреческим глаголом *tassage* – «месить», так же предполагают, что слово макароны выходит из сицилийского диалекта – и означает *massaguni*, что в переводе «обработанное тесто». Несмотря на неопределенность происхождения, слово макароны прочно закрепилось на языке человечества. Произнесенное в Италии или Китае, в Америке или Турции, во Франции или России, оно будет понято.

Макароны – традиционное блюдо итальянской кухни. Еще в 1000 году н. э. повар патриарха католической церкви Мартин Корно написал книгу «Кулинарное искусство о сицилийских макаронах». В середине XIII века такой продукт был распространен на Сицилии, где в то время жили арабы – они высушивали ленты теста на солнце. Потребность высушивать макароны, которые могут быть съедены свежими, как их и ели в течение столетий, пришла с увеличением торговли и морских перевозок. Нужно было продовольствие, которое могло быть запасено на корабле для длительных рейсов.

По Европе повсеместно распространили макароны именно итальянские купцы, заполнявшие трюмы своих кораблей высушенными макаронными изделиями на время долгих плаваний за тысячи километров. В Россию впервые привезли макароны выходцы из Генуи во времена Петра Первого.

В Италии макаронные изделия называют «паста». На итальянском языке слово «паста» означает «тесто», а слово «макароны» – разновидность пасты. Пасту готовят из семолины – крупки из твердой пшеницы (*Triticum durum*) в форме трубочек. Изделия шнурообразной формы в зависимости от их длины носят название «спагетти» или

«вермишель», что в переводе с итальянского – «веревки» или «червяки». Макаронами в Италии называются только самые тонкие трубочки с дырочкой. Трубки потолще именуются «меллацита», а самые толстые макароны – «цита». В 1819 году в Италии была изобретена первая машинка для сушки макаронных изделий.

Как документальное свидетельство, можно привести документ от 1244 года со списком продуктов, на которые был наложен строгий запрет. В него вошли и *pastalissa* – макароны, приготовленные из мягкой пшеницы (*Triticum aestivum*).

Итальянская паста – блюдо, традиционно подаваемое в Италии, состоящее из двух основных незаменимых компонентов: любого макаронного изделия и соуса. Основное правило пасты – это то, что ее изготавливают строго из твердой пшеницы, вследствие чего она не разваривается и прекрасно усваивается организмом, улучшает пищеварение и обмен веществ, так как содержит клетчатку, сложные углеводы с низким гликемическим индексом, что позволяет возвести данный продукт в ранг диетических. Калорийность классических макарон (пасты) составляет в среднем 350 ккал на 100 граммов изделий.

Во всем мире существует около 600 видов пасты. Италия является рекордсменом по количеству рецептов приготовления пасты. Итальянскую пасту можно поделить на следующие 3 вида: длинная паста (*Pastalunga*), короткая паста (*Pastacorta*) и наполненная паста (*Pastaripiena*). Вот некоторые из форм пасты, популярных не только в Италии: *Cappelletti* – маленькие пельмешки, *Conchiglie* – ракушки, *Elbowmacaroni* – рожки, *Farfalle* – бабочка, *Fettuccine* – лапша, *Fusilli* – спиральки, *Lasagne* – лазанья, *Maccheroni* – короткие трубочки с рифленой поверхностью, *Orecchiette* – ушки, *Penne* – перья, *Ravioli* – равиоли, *Rotelle* – колесики, *Spaghetti* – спагетти, *Tortellini* – маленькие пельмешки-колечки с различной начинкой, *Stelline* – мелкая паста в виде звездочек с дырочкой, *Vermicelli* – короткая тонкая паста, напоминающая в отварном виде червячков. Наиболее популярные соусы к пасте – болоньезе, карбонара, норма и наполоетана.

В Риме есть музей пасты, учрежденный фондом “Vincenzo Agnesi”, который ставит своей целью продвижение знаний и совершенствования итальянской пасты в мире, помочь решить проблему недоедания в мире, которая до сих пор не решена, путем правильного и гармоничного использования этого типичного итальянского продукта. В нем представлено огромное множество видов итальянской пасты, популярные рецепты и станки по изготовлению изделий.

Твердая пшеница (*Triticum durum* Desf.) является одной из основных культур в Италии, что обусловлено большим объемом потребления макаронных изделий, которые изготавливают строго из сортов твердой пшеницы. Италия является ведущей страной-производителем твердой пшеницы: более 4 млн т в год. По данным Национальной конфедерации фермеров Италии (*Coldiretti*) и Потребительской кооперации «Кооп-Италия» (*Coop*), итальянцы съедают в год более 25 кг макарон на одного человека и в целом примерно 1,5 млн т пасты. Для удовлетворения потребностей и компенсации экспорта макаронных изделий необходим импорт твердой пшеницы высокого качества. Однако качество получаемого урожая для итальянского рынка недостаточно высоко, и низка однородность партии зерна, что обязывает главных производителей пасты импортировать зерно из-за границы. Поэтому Италия импортирует 20% потребляемой твердой пшеницы, половина которой прибывает из Канады и США. Только эти страны могут поставить зерно, которое отвечает высоким требованиям к качеству сырья для пасты в Италии.

УСТОЙЧИВОСТЬ СОРТОВ ОВСА ОТЕЧЕСТВЕННОЙ СЕЛЕКЦИИ К ХЛОРИДНОМУ И СУЛЬФАТНОМУ ЗАСОЛЕНИЮ НА РАННИХ ЭТАПАХ ОНТОГЕНЕЗА

А.А. Менщикова*, В.С. Мамаева, Д.И. Еремин

Федеральный исследовательский центр «Тюменский научный центр Сибирского
отделения Российской академии наук», Научно-исследовательский институт сельского
хозяйства Северного Зауралья – филиал ТюмНЦ СО РАН, Тюмень, Россия,
*menshikova.aa.b23@ati.gausz.ru

RESISTANCE OF DOMESTIC OAT CULTIVARS TO CHLORIDE AND SULFATE SALINIZATION AT THE EARLY STAGES OF ONTOGENESIS

A.A. Menshikova*, V.S. Mamaeva, D.I. Eremin

Federal Research Centre “The Tyumen Scientific Centre of the Siberian Branch of the
Russian Academy of Sciences”, Research institute of agriculture for Northern Trans-Ural, branch
of the Tyumen Scientific Research Center SB RAS, Tyumen, Russia,
*menshikova.aa.b23@ati.gausz.ru

Засоление почв – мощный почвенно-экологический фактор, снижающий урожайность всех видов сельскохозяйственных культур. В настоящее время в сфере сельского хозяйства принимаются все необходимые меры по рациональному и эффективному использованию земель, улучшению их экологического и мелиоративного состояния. Для повышения плодородия почв современные аграрии, учитывая особенности почвенного покрова, климата и т. д., используют систему мелиоративных, агрохимических, агротехнических мероприятий, которые обеспечивают высокую урожайность. Для комплексного подхода к решению продовольственной проблемы необходимо вовлекать в процесс селекцию растений, а именно создание сортов, имеющих определенную солеустойчивость.

Исследования проводили с целью выявления отзывчивости сортов овса ‘Ассоль’, ‘Десант’ и ‘Петрович’ краснодарской селекции на химизм и концентрацию солей на ранних этапах онтогенеза. Были изучены различные концентрации солей (50; 100; 150 и 200 ммоль/литр) NaCl и Na₂SO₄, контроль – дистиллированная вода. Выбор вида соли и концентрации основывался на результатах анализа уровня засоления, наиболее часто встречаемого на юге сельскохозяйственной зоны Тюменской области. Концентрации 50 и 100 ммоль/литр соответствовали солончаковатым и солончаковым видам почв. Более высокие концентрации (150 и 200) – характерны для солончаков. В лабораторных условиях определены энергия прорастания, лабораторная всхожесть и воздушно-сухая масса проростков.

В ходе опыта было выяснено, что сорта ‘Десант’, ‘Ассоль’ и ‘Петрович’ обладают высокой устойчивостью к хлоридному засолению. Коэффициент солеустойчивости к NaCl (100 ммоль/литр) составил 0,91; 0,93 и 0,96 ед. соответственно. Энергия прорастания при концентрации NaCl 150 ммоль/литр снизилась до 41, 54 и 70% соответственно. Устойчивость культуры изучаемых сортов к засолению Na₂SO₄ выражена слабее. При концентрации 150 ммоль/литр лабораторная всхожесть сорта ‘Десант’ уменьшается до 26%, а ‘Ассоль’ – до 24%. Семена сорта ‘Петрович’ оказались неустойчивыми к засолению данного типа и не проросли совсем. Хлорид натрия в концентрациях 50 и 150 ммоль/л оказывал стимулирующий эффект у сортов ‘Десант’ и ‘Ассоль’ – биомасса проростков превышала контроль на 9–16%.

На основании полученных данных сделан вывод, что на энергию прорастания семян оказывают сильное влияние химизм и концентрации солей – 30,4 и 28,8% соответственно. На долю совместного влияния этих факторов приходится 12,0%.

Лабораторная всхожесть на 6,8% зависит от особенностей изучаемого сорта. В большей степени на процент нормально проросших семян в пробе воздействует вид соли (29,6%) и уровень засоления (34,4%).

Основываясь на вышеизложенном материале сорта 'Десант' и 'Ассоль' рекомендованы для использования в качестве исходного материала для селекции солеустойчивых сортов овса в Западной Сибири.

Работа выполнена по госзаданию № 122011300103-0 и при поддержке Западно-Сибирского межрегионального научно-образовательного центра мирового уровня.

ИЗУЧЕНИЕ ЭФФЕКТОВ ГЕНОВ *RHT-17* И *PPD-D1* У ЯРОВОЙ МЯГКОЙ ПШЕНИЦЫ

Л.А. Назарова

Всероссийский научно-исследовательский институт сельскохозяйственной биотехнологии, Москва, Россия, lpukhova@yandex.ru

STUDYING EFFECTS OF THE *RHT-17* AND *PPD-D1* GENES IN BREAD WHEAT ACCESSIONS

L.A. Nazarova

All-Russia Research Institute of Agricultural Biotechnology, Moscow, Russia, lpukhova@yandex.ru

Высота растений и компоненты урожая – это комплексные количественные признаки, находящиеся под полигенным контролем. Экспрессия основных генов короткостебельности (*Rht* – *reduced height genes*) и их эффекты на хозяйственно ценные признаки различаются в зависимости от условий окружающей среды и генетического фона. Мутантный аллель *Rht-B1p* (*Rht17*) снижает высоту растений яровой мягкой пшеницы не менее чем на 30%.

Переход растений пшеницы от вегетативного развития к генеративному является важнейшим этапом онтогенеза, детерминирующим многие хозяйственно ценные признаки. Одним из ключевых генов в этом процессе является ген *PPD* (*photoperiod response*), определяющий реакцию пшеницы на длину светового дня.

Известно, что гены не работают по одиночке, то есть определенный признак может быть достигнут при комбинировании разных генов. Поэтому для изучения эффекта генов *Rht-17* и *Ppd* на мягкой пшенице была взята гибридная популяция яровой мягкой пшеницы – М17.

Целью нашего исследования было сравнение эффектов аллелей гена короткостебельности *Rht-B1a/Rht-B1p* и аллелей гена фотопериода *Ppd-D1/ppd-D1*, их влияние на хозяйственно ценные признаки. Объектом нашего исследования было поколение растений F₃, различающиеся по аллельному составу и полученное в результате скрещивания яровой мягкой пшеницы ‘Новосибирская 67’ (донор *Rht-B1a* и *Ppd-D1*) и гибридной линии мягкой пшеницы Cltr17241 (донор *Rht-B1p* и *ppd-D1*), выращенное в полевых условиях Нечерноземной зоны в 2019 г. При помощи молекулярных маркеров нами были получены данные генотипирования растений; эффекты генов определяли путем оценки статистической значимости различий между гомозиготами.

При анализе совместного влияния аллелей двух генов *Rht-B1p* и *Ppd-D1* было выявлено: в присутствии *Ppd-D1* наличие аллеля короткостебельности *Rht-B1p* повышает высоту растений на 5,8 см (7%), увеличивает длину главного колоса на 0,4 см (5%), увеличивает количество дней от посева до колошения на 4 дня (7%) и количество дней от посева до цветения на 4 дня (7%). В отсутствие *Ppd-D1* аллель *Rht-B1p* снижает высоту растений на 4,3 см (5%), снижает длину первого верхнего междоузлия на 2,7 см (7%), увеличивает количество дней от посева до колошения на 4 дня (7%) и увеличивает количество дней от посева до цветения на 6 дней (11%).

Таким образом, объединение различных аллельных вариантов генов *Rht* и *Ppd* является действенным способом выведения сортов пшеницы, наиболее приспособленных к местным условиям среды с точки зрения высоты соломы, требований температурного режима и длины светового дня, а также способности противостоять неблагоприятным биотическим факторам во время цветения, колошения, созревания и уборки зерна.

ПРОГНОЗИРОВАНИЕ РАБОТОСПОСОБНОСТИ KASP-МАРКЕРОВ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ БИОИНФОРМАТИЧЕСКИХ ПОДХОДОВ

Е.А. Никитина, С.Ю. Ширнин, П.Ю. Крупин, Г.И. Карлов, М.Г. Дивашук
Всероссийский научно-исследовательский институт сельскохозяйственной
биотехнологии, Москва, Россия, shhket@gmail.com

PREDICTING THE PERFORMANCE OF KASP MARKERS USING BIOINFORMATIC APPROACHES

E.A. Nikitina, S.Y. Shirnin, P.Y. Krupin, G.I. Karlov, M.G. Divashuk
All-Russia Research Institute of Agricultural Biotechnology, Moscow, Russia,
shhket@gmail.com

Технология KASP (Kompetitive allele specific PCR) – метод ПЦР-генотипирования, основанный на конкуренции между прямыми праймерами, подобранными на однонуклеотидный полиморфизм (single nucleotide polymorphism, SNP), по которому различаются между собой детектируемые аллели. KASP-маркер включает в себя два прямых праймера, соответствующие альтернативным SNP, обратный праймер и две соответствующие прямым праймерам FRET-кассеты с флуорофорами разной длины волны. Амплификация идет с участием только того прямого праймера и той FRET-кассеты, которые соответствуют SNP исследуемого растения, что приводит к испусканию флуоресцентного сигнала с этой FRET-кассеты. В таком случае прямой праймер альтернативного варианта SNP и его FRET-кассета в амплификации не участвуют, и флуоресцентный сигнал другой длины волны с соответствующей ему FRET-кассеты не испускается. В случае гетерозиготы испускаются оба сигнала. KASP является высокопроизводительным методом генотипирования, успешно применяемым в маркер-ассоциированной селекции пшеницы, и проводятся на реал-тайм амплификаторах с несколькими каналами детекции сигнала.

С целью прогнозирования работоспособности KASP-маркеров нами были отобраны из литературных источников 45 маркеров, разработанные для генотипирования пшеницы. Оценка их работоспособности проводилась нами с использованием сборки геномов 10 сортов пшеницы. Праймеры выравнивались на геномные сборки с помощью BLAST, фильтрация и экстракция геномных областей, включающих места посадки праймеров, производилась с помощью собственного пайплайна.

В результате проведенного исследования мы выявили, что десять из 45 проверенных KASP-маркеров не соответствуют заявленным аллелям и потенциально не могут использоваться для генотипирования мягкой пшеницы из-за неоднозначности результатов. Не прошедшие верификацию десять KASP-маркеров были разработаны на гены *Dreb-B1*, *Ppo-A1*, *Psy-A1*, *Psy-B1*, *Psy-D1*, *Gasr-A1*, *TaTOE1-B1*, *TaFT3*, *Fhb1* и *Lr14a*. Самая часто встречающаяся проблема – неспецифичность праймеров целевому локусу, что является основной сложностью при подборе праймеров для полиплоидных организмов. Также были выявлены технические ошибки, допущенные авторами маркеров при подборе праймеров на высокополиморфные участки. Использование таких маркеров на практике может приводить к ложным и трудно интерпретируемым результатам.

Дальнейшая работа предполагает разработку собственных праймеров для вышеуказанных KASP-маркеров, проверку с помощью пайплайна и апробацию работы с помощью ПЦР.

Работа выполнена при поддержке гранта РНФ 21-16-00121.

ГЕНЕТИЧЕСКОЕ РАЗНООБРАЗИЕ ИСХОДНОГО МАТЕРИАЛА ЯРОВОГО ЯЧМЕНЯ КАК ВКЛАД В СЕЛЕКЦИЮ НОВЫХ СОРТОВ

П.Н. Николаев*, О.А. Юсова**

Омский аграрный научный центр, Омск, Россия, *nikolaev@anc55.ru, **yusova@anc55.ru

GENETIC DIVERSITY OF THE SOURCE MATERIAL OF SPRING BARLEY AS A CONTRIBUTION TO THE BREEDING OF NEW CULTIVARS

P.N. Nikolayev*, O.A. Yusova**

Omsk Agricultural Scientific Center, Omsk, Russia, nikolaev@anc55.ru, yusova@anc55.ru

Селекция – это динамичная наука, которая постоянно развивается и совершенствуется. Основным и наиболее востребованным ее направлением является создание новых высокопродуктивных сортов сельскохозяйственных культур с целью обеспечения продовольственной безопасности страны.

Омский аграрный научный центр – комплексное научное учреждение, выполняющее исследования по перспективным направлениям в области сельскохозяйственного производства. Одним из структурных подразделений является лаборатория селекции зернофуражных культур. За период с 1936 по 2021 гг. коллективом этой лаборатории создано 22 сорта ячменя, которые внесены в Государственный реестр селекционных достижений РФ. Все сорта отличаются повышенными показателями продуктивности, устойчивостью к засухе и листовым болезням, а также качеством зерна. Благодаря традиционно высокому научному потенциалу Центра, сорта селекции Омского АНЦ характеризуются широким ареалом возделывания – не только по 10 (Западно-Сибирский) региону, но также по 11 (Восточно-Сибирский) и 9 (Уральский) регионам. В производственных посевах ярового ячменя в Омской области лидерами являются сорта ‘Саша’ и ‘Сибирский авангард’. Доля высеванных семян данных сортов ежегодно составляет 35–40% от общего объема высеванных семян по данной культуре. Проходит Государственное сортоиспытание РФ новый перспективный сорт ‘Омский 102’. В Республике Казахстан широко возделываются сорта ‘Саша’ и ‘Омский 87’. Ежегодно площади возделывания данных сортов составляют 50–55 тысяч гектар.

При создании сортов с заданными параметрами для селекционера важен правильный подбор родительских форм. Для этой цели в каждой селекционной лаборатории поддерживается коллекция образцов, полученных в том числе и из ВИР. Создание сорта – весьма длительный процесс (цикл от гибридизации до передачи сорта на ГСИ может составлять 10–15 лет). Зачастую для получения сорта селекционер не ограничивается лишь одним этапом гибридизации – в эту схему могут многократно привлекаться все новые сорта, расширяя и дополняя таким образом его родословную.

Цель исследований: оценка значимости образцов коллекционного питомника для создания сортов ячменя (*Hordeum vulgare* L.) в Омском аграрном научном центре.

В изучаемом коллекционном питомнике 15 сортов из 17 являются линейными по гордеин-кодирующим локусам или мономорфными по гордеинам сортами (‘Странник’, ‘Оленёк’, ‘Абалак’, ‘Алей’, ‘Беатрис’, ‘Емеля’, ‘Ратник’, ‘Хаджибей’, ‘Челябинский 99’, ‘Травеллер’, ‘Деспина’, ‘Ксанаду’, ‘Изабелла’, ‘Княжич’). Такие сорта имеют только один тип электрофореграмм. Данные сорта являются линейными по гордеин-кодирующим локусам или мономорфными по гордеинам сортами.

Сорта ‘Омский 95’ и ‘Талер’ являются гетерогенными по гордеин-кодирующим локусам, т. е. характеризуются двумя и более электрофоретическими спектрами гордеинов, отличающимися по вариантам блоков компонентов, контролируемым, соответственно, одним или более локусами. Гетерогенность каждого определенного сорта может быть определена гетерозиготностью родоначального растения, от количества

локусов которого в конечном итоге зависит число биотипов сорта. Так, стандартный сорт 'Омский 95' характеризуется сложной структурой популяции гордеин-кодирующих локусов, которая включает четыре биотипа, различающихся в свою очередь по блокам компонентов, контролируемым аллелями локусов – Hrd B (Hrd B1 и Hrd B8) и Hrd F (Hrd F1 и Hrd F2); Hrd A28 B1 F1 и Hrd A28 B8 F2. Общая формула гордеинов сорта 'Омский 95': Hrd A281 B1+8 F1+2.

Не менее сложна популяция гордеин-кодирующих локусов сорта 'Талер'. Данный сорт также характеризуется наличием четырех биотипов – Hrd B (Hrd B21 и Hrd B67) и Hrd F (Hrd F1 и Hrd F2); Hrd A18 B21 F1 и Hrd A88 B67 F2. Общая формула гордеинов сорта 'Талер': Hrd A18 B21+67 F1+2.

В целях обеспечения продовольственной безопасности страны сорта, возделываемые на предприятиях агропромышленного комплекса страны должны характеризоваться рядом признаков. основополагающим признаком является адаптивность. Сорта, формирующие стабильно повышенную урожайность в условиях изменяющегося климата, должны составлять основу производства. Также к требованиям, предъявляемым к современным сортам, относится повышенное качество зерна, что гарантирует получение высококачественной продукции с минимальными добавками химического происхождения и благоприятно сказывается на здоровье нации.

Сорта коллекционного питомника в среднем характеризовались пониженной продуктивностью и качеством зерна. По комплексу признаков выделены сорта, которые рекомендуются для дальнейших исследований:

- 'Алей', 'Хаджибей' – содержание белка на уровне стандарта (12,1 и 13,2% соответственно); повышенная масса 1000 зерен (+2,7 и +6,3 г к st.); также сорт 'Алей' характеризуется пониженной пленчатостью (–1,0% к st.); 'Хаджибей' – повышенным содержанием крахмала в зерне (+6,1% к st.).

- 'Талер', 'Оленёк', 'Абалак' – содержание белка на уровне стандарта (12,2–13,2%); повышенная масса 1000 зерен (+4,4 и 10,1% к st.).

- 'Емеля', 'Ратник' – содержание белка на уровне стандарта (12,5 и 12,9%); пониженная пленчатость зерна (–0,7 и –1,2% к st.).

- 'Изабелла' – повышенное содержание в зерне крахмала и сырого жира (соответственно +5,1 и +0,9% к st.).

Таким образом, различие сортов по биотипам не нашло отражения в их различии по урожайности и качеству зерна. Однако сорта коллекционного питомника 'Одесский 100' и 'Донецкий 8' являются родительскими для получивших широкое распространение сортов селекции ФГБНУ «Омский АНЦ» – 'Омский 91', 'Омский голозерный 2' и 'Саша'. Выявлена родственность данных сортов по спектрам глиадинов, что подтверждает значимость коллекционных образцов для создания сортов ячменя (*Hordeum vulgare* L.) в Омском аграрном научном центре.

**ПОЛУЧЕНИЕ ИНТРОГРЕССИВНЫХ ЛИНИЙ КУЛЬТУРНОГО ЯЧМЕНЯ
НА ОСНОВЕ МЕЖВИДОВЫХ ГИБРИДОВ
HORDEUM VULGARE L. × *HORDEUM BULBOSUM* L.**

Г.И. Пендинен¹, В.Е. Чернов²

¹ Федеральный исследовательский центр Всероссийский институт генетических ресурсов растений имени Н.И. Вавилова, Санкт-Петербург, Россия, pendinen@mail.ru

² Военно-медицинская академия имени С.М. Кирова, Санкт-Петербург, Россия

**OBTAINING INTROGRESSIVE LINES OF CULTIVATED BARLEY BASED ON
INTERSPECIFIC HYBRIDS *HORDEUM VULGARE* L. × *HORDEUM BULBOSUM* L.**

G.I. Pendinen¹, V.E. Chernov²

¹ N.I. Vavilov All-Russian Institute of Plant Genetic Resources, St. Petersburg, Russia, pendinen@mail.ru

² S.M. Kirov Military Medical Academy, St. Petersburg, Russia.

Интрогрессия генетического материала дикорастущих видов в геном культурных форм при межвидовой гибридизации является одним из важных источников расширения генетического разнообразия культурных растений. Привлечение *Hordeum bulbosum* для расширения разнообразия ячменя культурного связано с рядом ценных признаков этого вида, таких как устойчивость к мучнистой росе, стеблевой и листовой ржавчинам, к вирусам BaMMV, BaYMV, BYDV, показана возможность их интрогрессии в геном ячменя культурного при межвидовой гибридизации (Jones, Pickering, 1978; Ruge-Wehling et al., 2006; Scholz et al., 2009). Геномы *H. vulgare* и *H. bulbosum* имеют высокую степень гомологии, поэтому гомеологичное спаривание хромосом в мейозе гибридов лежит в основе интрогрессии генетического материала ячменя луковичного в геном ячменя культурного (Pickering et al., 2006; Scholz, Pendinen, 2017; Пендинен, Шольц, 2020). Быстрое получение рекомбинантных форм культурного ячменя *H. vulgare* на основе триплоидных и тетраплоидных гибридов ($H^vH^bH^v$ и $H^bH^bH^vH^v$) связано с особенностями взаимодействия геномов родительских видов, приводящее к элиминации хромосом *H. bulbosum* в эмбриогенезе. При соотношении геномов $1H^v : 1H^b$ в гибридном зародыше происходит элиминация хромосом ячменя луковичного, но интенсивность этого процесса зависит от генотипов родительских видов (Lange, 1971; Ho, Kasha, 1975; Fukuyama, Hosoya, 1983). В ряде случаев при таком соотношении могут быть получены гибридные формы. Так, при использовании в скрещиваниях с *H. bulbosum* (4x) культурным ячменем сорта 'Borwina' (4x) нами получены частично фертильные тетраплоидные гибриды с геномным составом $H^bH^bH^vH^v$ (Scholz, Pendinen, 2017). При беккроссировании ячменем культурным гибридов $H^vH^bH^b$ и $H^bH^bH^vH^v$ соотношение смещается в сторону увеличения дозы генома *H. vulgare*, поэтому в поколении BC1 выявляются только растения культурного ячменя. Кроме того, при самоопылении тетраплоидных гибридов $H^bH^bH^vH^v$ часть растений в потомстве представляет собой *H. vulgare* (2x). Среди растений культурного ячменя в потомстве гибридов выявляются растения, несущие генетический материал ячменя луковичного, которые могут быть использованы для создания интрогрессивных линий. С использованием триплоидного гибрида *H. vulgare* 'Igri' (2x) × *H. bulbosum* (4x), создана и изучена в полевых условиях серия озимых линий с терминальными интрогрессиями в хромосомах 1HL, 2HL, 3HL, 7HL, 2HS, 1HL + 5HL, с субтерминальной интрогрессией в 5HL (Пендинен и др., 2018). В потомстве тетраплоидного гибрида *H. bulbosum* A17 (4x) × *H. vulgare* 'Borwina' (4x) выявлены интрогрессивные формы озимого *H. vulgare* (Scholz, Pendinen, 2017).

Целью нашей работы является создание яровых интрогрессивных линий ячменя и расширение коллекции форм *H. vulgare*, несущих генетический материал *H. bulbosum*.

Для этого *H. vulgare* (2х) сорта 'Roland' (к-26897) скрещивали с созданными ранее многолетними гибридами, характеризующимися частичной фертильностью пыльцы; 1) *H. vulgare* 'Roland' × *H. bulbosum* W851 кл1 (H^vH^bH^b); 2) *H. bulbosum* A17 (4х) × *H. vulgare* 'Borwina' (4х) (H^bH^bH^vH^v). Генетический материал ячменя луковичного в геноме полученных форм выявляли с помощью GISH с меченой ДНК *H. bulbosum*. Для идентификации рекомбинантных хромосом *H. vulgare* в пробу для гибридизации включали меченые 1) 5S рДНК, позволяющую идентифицировать хромосомы 2Н, 3Н, 7Н, 4Н; 2) 18/25S рДНК – для идентификации хромосом 1Н, 5Н, 6Н. Отбор форм культурного ячменя, несущих генетический материал *H. bulbosum* проводили среди растений BC1, полученных при опылении *H. vulgare* 'Roland' пыльцой гибридов. Далее в потомстве от самоопыления растений BC1 с интрогрессиями проводили отбор форм с различным сочетанием рекомбинантных хромосом.

В потомстве триплоидного гибрида было выявлено растение с интрогрессиями в трех хромосомах: 1НL, 5НL, 3НS. При использовании в скрещивании тетраплоидного гибрида выявлены 2 растения, несущие генетический материал ячменя луковичного: с интрогрессиями в трех хромосомах: НL, 5НL, 7НS и с интрогрессией в хромосоме 6НS. В потомстве первого растения в случае сочетания в кариотипе обоих гомологов с интрогрессией 5НL исходного размера наблюдали летальность на стадии развития второго листа. Выявлены жизнеспособные формы с двумя интрогрессиями различных размеров в хромосоме 5НL, которые могут быть использованы в отборе интрогрессивных линий с рекомбинантной хромосомой 5НL. У ряда растений в потомстве от самоопыления исходных интрогрессивных форм отмечено размера чужеродного фрагмента в хромосомах 5НL, 2НL, 3НS, что может свидетельствовать о гомеологичной рекомбинации в мейозе в этом участке хромосомы у форм с интрогрессией в одном из соответствующих гомологов.

Путем отбора в первом и втором поколении от самоопыления растений с множественными интрогрессиями создана серия форм с различным сочетанием рекомбинантных хромосом в кариотипе. Этот материал используется для создания различных интрогрессивных линий ярового ячменя. В настоящее время выделены и воспроизведены в полевых условиях серии линий с интрогрессией в 1НL и 6НS. Важной характеристикой этих линий является закрытое цветение и самоопыление, что дает возможность поддерживать и размножать их в полевых условиях, сохраняя интрогрессии без изоляции колоса.

Список литературы

- Пендинен Г.И., Чернов В.Е., Шольц М. Характеристика интрогрессивных линий ячменя, полученных на основе межвидового гибрида *Hordeum vulgare* L. × *H. bulbosum* L. (H^vH^bH^b) // Биотехнология и селекция растений. 2018. № 1. С. 16–24. DOI: 10.30901/2658-6266-2018-1-16-24
- Пендинен Г.И., Шольц М. Спаривание гомеологичных хромосом в метафазе I у триплоидных гибридов *Hordeum vulgare* L. × *H. bulbosum* L. (H^vH^bH^b) // Биотехнология и селекция растений. 2020. Т. 3, № 2. С. 6–15. DOI: 10.30901/2658-6266-2020-2-02
- Fukuyama T., Hosoya H. Genetic control and mechanism of chromosome elimination in the hybrids between *Hordeum bulbosum* (4X) and *H. vulgare* (4X) // Japanese Journal of Genetics. 1983. Vol. 58. P. 241–250. DOI: 10.1266/jjg.58.241
- Ho K.M., Kasha K.J. Genetic Control of Chromosome Elimination during Haploid Formation in Barley // Genetics. 1975. Vol. 81, No. 2. P. 263–275. DOI: 10.1093/genetics/81.2.263
- Jones I.T., Pickering R.A. The mildew resistance of *Hordeum bulbosum* and its transference into *H. vulgare* genotypes // Annals of Applied Biology. 1978. Vol. 88. P. 295–298.
- Lange W. Crosses between *Hordeum vulgare* L. and *H. bulbosum* L. II. Elimination of chromosomes in hybrid tissues // Euphytica. 1971. Vol. 20. P. 181–194. DOI: 10.1007/BF00056078
- Pickering R.A., Klatte S., Butler R.C. Identification of all chromosome arms and their involvement in meiotic homoeologous associations at metaphase I in 2 *Hordeum vulgare* L. × *Hordeum bulbosum* L. hybrids // Genome. 2006. Vol. 49. P. 73–78. DOI: 10.1139/g05-071

Ruge-Wehling B., Linz A., Habekuß A., Wehling P. Mapping of *Rym16Hb*, the second soil-born virus-resistance gene introgressed from *Hordeum bulbosum* // Theoretical and Applied Genetics. 2006. Vol. 113, iss. 5. P. 867–873. DOI: 10.1007/s00122-006-0345-8

Scholz M., Pendinen G. The Effect of Homoeologous Meiotic pairing in tetraploid *Hordeum bulbosum* L. × *H. vulgare* L. hybrids on alien introgressions in offspring // *Cytogenet Genome Research*. 2017. Vol. 150, No. 2. P. 139–149. DOI: 10.1159/000455141

Scholz M., Ruge-Wehling B., Habekuß A., Schrader O., Pendinen G., Fischer K., Wehling P. *Ryd4Hb*: a novel resistance gene introgressed from *Hordeum bulbosum* into barley and conferring complete and dominant resistance to the barley yellow dwarf virus // Theoretical and Applied Genetics. 2009. Vol. 119. P. 837–849. DOI: 10.1007/s00122-009-1093-3

КОЛЛЕКЦИОННЫЕ ОБРАЗЦЫ ПШЕНИЦЫ МЯГКОЙ ЯРОВОЙ КАК ИСТОЧНИК АГРОНОМИЧЕСКИ ЦЕННЫХ ПРИЗНАКОВ ДЛЯ СЕЛЕКЦИИ

В.В. Пискарев^{1*}, Н.И. Бойко¹, Е.В. Зуев², А.А. Тимофеев¹, В.А. Апарина¹

¹ Федеральный исследовательский центр Институт цитологии и генетики Сибирского отделения Российской академии наук, Сибирский научно-исследовательский институт растениеводства и селекции – филиал ИЦиГ СО РАН, Краснообск, Россия,

*piskaryov_v@mail.ru

² Федеральный исследовательский центр Всероссийский институт генетических ресурсов растений имени Н.И. Вавилова, Санкт-Петербург, Россия

SOFT SPRING WHEAT VARIETIES FROM THE COLLECTION AS A SOURCE OF AGRONOMICALLY VALUABLE TRAITS FOR BREEDING

V.V. Piskarev^{1*}, N.I. Boyko¹, E.V. Zuev², A.A. Timofeev¹, V.A. Aparina¹

¹ Institute of Cytology and Genetics, Siberian Branch of Russian Academy of Sciences, Siberian Research Institute of Plant Production and Breeding, branch of the ICG SB RAS, Krasnoobsk, Russia, *piskaryov_v@mail.ru

² N.I. Vavilov All-Russian Institute of Plant Genetic Resources, St. Petersburg, Russia

Основным решением повышения урожайности является селекция. Успех же селекционной работы определяется правильным подбором исходного материала, который является важным фактором формирования продуктивности, а также комплекса хозяйственно ценных признаков современных сортов. По имеющимся данным Г.А. Баталовой (Баталова, 2009), возделываемые в производстве сорта пшеницы – это преимущественно отборы из гибридных популяций, созданных с привлечением мирового генофонда ВИР. Оценка коллекционного материала различного эколого-географического происхождения позволяет выявить источники агрономически ценных признаков для дальнейшего привлечения в селекцию (Пакуль, Ширина, 2009).

В данной работе основной целью было выявление сортообразцов с высокой выраженностью агрономически ценных признаков для дальнейшего их привлечения в селекцию.

В 2015–2021 годах в условиях лесостепи Приобья Новосибирской области были изучены 308 сортообразцов пшеницы мягкой яровой, основная часть (230) была получена из коллекции ВИР. Больше всего образцов было из России – 139, Казахстана – 29, США – 18 и Германии – 16, единичные сорта были из Индии, ЮАР, Сирии, Финляндии, Афганистана и Австралии. Изучение проводили по методике ВИР (Мережко и др., 1999). Сорта находились в изучении не менее двух лет. Для возможности сравнения сортов, изученных в различные годы, нами был рассчитан балл по каждому из количественных признаков ($2 < \bar{X}_{cp} - HCP_{05}$ в год изучения, $3 = HCP_{05} - \bar{X}_{cp} + HCP_{05}$ и $4 > \bar{X}_{cp} + HCP_{05}$), после чего найдены средние значения по баллам. Посев в оптимальные сроки (I–II декада мая) по чистому пару. За годы изучения коллекции три года характеризовались как оптимальные по увлажнению (ГТК за май – август: 2015 – 1,36; 2017 – 1,35; 2020 – 1,15), два года – с недостаточным увлажнением (2016 – 0,84; 2019 – 0,98) и один год – с повышенным увлажнением (2017 – 1,43).

В результате проведенного сравнительного изучения образцов. С высокой выраженностью трех и более признаков выделяются 33 образца: Califa Sur (к-66697), Chablis (к-66691), Eufrates (к-66713), Gunner (к-66205), Jiu Nong 10 (к-66250), КВС Аквилон (к-65821), KW 340-3-13 (к-66375), Lankao Aizhao 8 (к-66194), Long Fu 040671 (к-66200), Long Fu 8 (к-66197), Pasteur (к-66093), Picolo (к-66693), RL-3 (к-66733), RL-6-8 (к-66734), Sever (к-66711), Sparrow (к-66090), Tigre (к-66712), Аль Варис (к-66348), Воронежская 20 (к-66257), Канская (к-66005), Касиет (к-66709), Кинельская Волна (к-

66274), Лютесценс 575 (к-66001), Лютесценс 6/04-4, Лютесценс1082, Н 16-2 (к-67005), Нерда (к-66396), ОмГАУ 100 (к-66387), Старт (к-66395), СФР 32338-1-17-1 (к-66737), Тома (к-66193), Уралосибирская (к-65244) и Хуторянка (к-65845).

Урожайность значительно выше среднего значения (среднее значение от 438,5 (Shen 68-72) до 628,7 г/м² (Н 16-2) в течении двух и более лет формировали 26 сортообразцов, находящихся в изучении и два стандарта (Сибирская 17 и Обская 2). Зерно с высокой массой 1000 зерен от 35,2 (Xin Chun 2 Hao) до 46,3 г (Ботаническая 81) формировали 40 изучаемых образцов и стандарт Обская 2. Высокую относительную массу зерна колоса от 1,14 (Manu) до 1,63 г (СФР 32338-1-17-1) сформировали 42 изучаемых сорта и два стандарта (Сибирская 17 и Обская 2). Высоким количеством зерен, сформировавшихся в колосе, от 25,4 (SSL 25-26) до 44,5 шт. (Tigre) отличались 54 изучаемых образца и стандарт Сибирская 17.

Некоторые из выделившихся образцов нами включены в селекционный процесс как исходный материал. Так, низкостебельный (83,2 см) сорт Тома (к-66193) был скрещен с сортом 'Сибирская 21' и образцом из Китая Shen 68-72 (к-65863). В селекцию на продуктивность включены образцы КВС Аквилон (к-65821), Gunner (к-66205), Lankao Aizhao 8 (к-66194), Long Fu 8 (к-66197), KW 340-3-13 (к-66375), Хуторянка (к-65845), Уралосибирская (к-65244), Радуга (к-65240), Самгау (к-65823), KWS Torridon (к- 66273) и Экада 214 (к- 66389).

Работа поддержана бюджетным проектом ИЦиГ СО РАН № FWNR-2022-0018.

Список литературы

Баталова Г.А. Генетические ресурсы ВИР как фактор экологической безопасности и стабильного развития АПК Волго-Вятского региона // Труды по прикладной ботанике, генетике и селекции. 2009. Т. 166. С. 5–11.

Мережко А.Ф., Удачин Р.А., Зуев Е.В., Филатенко А.А., Сербин А.А., Ляпунова О.А., Косов В.Ю., Куркиев У.К., Охотникова Т.В., Наврузбеков Н.А., Богуславский Р.Л., Абдулаева А.К., Чикида Н.Н., Митрофанова О.П., Потокина С.А. Пополнение, сохранение в живом виде и изучение мировой коллекции пшеницы, эгилопса и тритикале: методические указания. Санкт-Петербург: ВИР, 1999. 82 с.

Пакуль В.П., Ширина А.Н. Сравнительное изучение образцов яровой пшеницы коллекции ВИР по комплексу агробиологических свойств и признаков // Достижения науки и техники АПК. 2009. № 9. С. 7–8.

НАПРАВЛЕННОЕ ВОЗДЕЙСТВИЕ НА РАСТЕНИЯ – ЭФФЕКТИВНЫЙ АГРОБИОТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ ПУТЬ ПОВЫШЕНИЯ И СТАБИЛИЗАЦИИ УРОЖАЙНОСТИ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ КУЛЬТУР

А.И. Попов^{1*}, В.Н. Зеленков^{2,3}, М.В. Марков⁴

¹ Санкт-Петербургский государственный университет, Санкт-Петербург, Россия,
*paihumic@gmail.com

² Всероссийский научно-исследовательский институт лекарственных и ароматических растений, Москва, Россия

³ Федеральный научный центр овощеводства, Всероссийский научно-исследовательский институт овощеводства – филиал ФГБНУ ФНЦО, Москва, Россия

⁴ Московский педагогический государственный университет, Москва, Россия

TARGETED IMPACT ON PLANTS IS AN EFFECTIVE AGRO-BIOTECHNOLOGICAL WAY TO INCREASE AND STABILIZE CROP YIELDS

A.I. Popov^{1*}, V.N. Zelenkov^{2,3}, M.V. Markov⁴

¹ Saint-Petersburg State University, St. Petersburg, Russia, *paihumic@gmail.com

² All-Russian Research Institute of Medicinal and Aromatic Plants, Moscow, Russia

³ Federal Scientific Vegetable Center, All-Russian Scientific Research Institute of Vegetable Growing, branch of the FSVC, Moscow, Russia

⁴ Moscow Pedagogical State University, Moscow, Russia

Для решения проблем, связанных с устойчивым получением урожайности сельскохозяйственных культур, необходимо восстановить звенья трофической системы почва-растение, утраченные при сельскохозяйственном использовании территории. Данное направление приобретает особую остроту в условиях сильного антропогенного воздействия на агрофитосистемы. Одним из эффективных и экономически оправданных методов направленного воздействия на зеленые сосудистые растения является некорневая обработка посевов и посадочного материала растворами, так называемых, гуминовых веществ (ГВ), особенно обогащенных эссенциальными микроэлементами. Чаще всего ГВ выделяются из различных природных объектов (компостов, бурых углей, торфов, почв и проч.) с помощью водных щелочных или нейтральных растворов солей. Как считается, ГВ, выделяемые из природных объектов (почв, торфов, сапропелей, компостов и проч.), соответствуют таковым, присутствующих в этих же объектах. Однако, по нашему мнению, ГВ представляют собой сложную искусственно полученную смесь органических соединений большей частью находящихся в коллоидном состоянии.

Развивая научные положения, связанные с раскрытием механизмов биологической активности ГВ, нами была разработана концептуальная модель участия этих соединений в биохимических и биофизических процессах, происходящих в зеленых сосудистых растениях. В соответствии с этой моделью, биологическая активность ГВ обусловлена: наличием в этих соединениях разнообразных функциональных групп, свойствами коллоидных систем и компонентным составом.

Гуминовые вещества по характеру действия на растения – неспецифические регуляторы роста. Возможность поступления таких сложных органических соединений, как ГВ, в растения и их дальнейшая ассимиляция являются хорошо доказанным фактом. Положительное биологическое влияние ГВ на рост и развитие растений обуславливается их разносторонними свойствами и связано с тем, что, попадая в растения (но совсем необязательно в цитоплазму), эти вещества участвуют в различных биохимических и биофизических процессах. Так, поступление ГВ в растения способствует: оптимизации дыхания и фотосинтеза, облегчению транспорта и круговорота питательных веществ в растениях, ускорению протекания биосинтеза, «экономии» энергии – за счет

использования компонентов ГВ, которые являются структурными блоками биологических макромолекул, что способствует увеличению синтеза фитонцидов и фитоалексинов – активных средств защиты растений, снижению мутаций, увеличению митотического индекса, активизации индуцибельной экспрессии генов, которая также влияет на биосинтез и, кроме того, на меристемную и цитоскелетную организацию растений. Гуминовые вещества – кислотнo-основной комплекс, точнее набор полиамфолитов. Разнообразные функциональные группы ГВ обуславливают их участие в различных химических реакциях окисления-восстановления (в том числе и обратимых) и реакционную способность этих соединений в целом (образование металлоорганических комплексов, включая хелатные, влияние на осмотическое давление, фермент-субстратные взаимодействия; детоксикацию ксенобиотических веществ и соединений и проч.).

На основе обобщения за двадцатичетырехлетний период собственных результатов полевых опытов, проведенных в производственных условиях разных климатических зон, которые были связаны с использованием некорневой обработки сельскохозяйственных культур растворами ГВ, было установлено, что прибавка урожая культурных растений составляла для представителей восьми семейств: Poaceae – 13–25%, Fabaceae – 15–27, Asteraceae – 15–29, Chenopodiaceae – 16–30, Cucurbitaceae – 17–31, Solanaceae – 18–33, Apiaceae – 19–35 и Brassicaceae – 22–40%. При этом, окупаемость затрат на применение гуминовых препаратов с учетом средних прибавок урожая составляла по культурам: для овощных – 20–50 раз, для картофеля – 8–20 раз, для зерновых и многолетних трав – 2–7 раз.

Накопленный производственный опыт позволяет утверждать следующее: отрицательных последствий при обработке сельскохозяйственных растений никогда не наблюдалось; улучшалось общее состояние растений и оптимизировалось их развитие; снижалась заболеваемость; повышалась устойчивость к неблагоприятным погодным условиям (недостатку света, заморозкам, засухе, избыточному количеству влаги); увеличивалась стрессоустойчивость растений, снижались отрицательные воздействия, вызываемые ядохимикатами; возрастал коэффициент использования минеральных удобрений; повышались всхожесть и энергия прорастания у семян дочерних растений. Была выявлена следующая закономерность при применении некорневых обработок культурных растений растворами ГВ: при высоком производственном потенциале почв и благоприятных агрометеорологических условиях наблюдалось относительно невысокое увеличение урожайности сельскохозяйственных культур; при экстремальных агрометеорологических обстоятельствах, но при хорошей обеспеченности почвы основными элементами минерального питания растений (NPK), эффект был максимальным.

Предлагаемая нами методология управления продукционным процессом культурных растений опирается на следующие теоретические положения: почва и растения образуют единую пищевую систему, зеленые сосудистые растения помимо соединений элементов минерального питания способны также поглощать и ассимилировать различные органические соединения, плодородие почв – следствие биологического круговорота биофильных элементов в системе почва – растение.

Таким образом, направленное прямое воздействие на биохимические и биофизические процессы, протекающие в сельскохозяйственных культурах, в частности, с помощью некорневых обработок растворами ГВ посевов и посадочного материала – эффективный и экономически оправданный агробιοтехнологический путь повышения и стабилизации урожайности культурных растений. Биологическая активность ГВ является интегральным отображением свойств этих соединений.

ЭКОЛОГИЧЕСКИЙ ПОТЕНЦИАЛ ПАСТБИЩНЫХ АГРОФИТОЦЕНОЗОВ НА ОСНОВЕ ФЕСТУЛОЛИУМА В УСЛОВИЯХ ЕВРОПЕЙСКОГО СЕВЕРА РФ

Е.Н. Прядильщикова, В.В. Вахрушева, О.О. Чернышева
Вологодский научный центр Российской академии наук, Вологда, Россия,
lenka2305@mail.ru

ECOLOGICAL POTENTIAL OF PASTURE AGROPHYTOCENOSSES BASED ON FESTULOLIUM UNDER THE CONDITIONS OF THE EUROPEAN NORTH OF THE RUSSIAN FEDERATION

E.N. Pryadilshchikova, V.V. Vakhrusheva, O.O. Chernysheva
Vologda Research Center of the Russian Academy of Sciences, Vologda, Russia,
lenka2305@mail.ru

Внимание общественности к экологическим аспектам сельского хозяйства растет. В условиях ограниченности материальных средств использование возобновляемых биологических элементов и природных ресурсов является решающим условием создания прочной кормовой базы для животноводства. В ее образовании не последнюю роль играют многолетние травы, являющиеся недорогим кормом. С травами пастбищного использования животные получают более 60% кормовых единиц и около 70% переваримого протеина от общего количества потребляемых кормов. Адаптивные характеристики видов и сортов растений определяют способность агрофитоценозов использовать благоприятные условия окружающей среды с одновременным противостоянием к действию абиотических и биотических факторов. Важно выбрать такой видовой состав трав, не приводящий к снижению продуктивности травостоя или ухудшению качества урожая. Таким образом, в кормопроизводстве среди разнообразия злаковых трав наиболее конкурентоспособным по сравнению с традиционно выращиваемыми особый интерес представляет межродовой гибрид райграса и овсяницы – фестулолиум. Он характеризуется долголетием, быстрым отрастанием после скашивания, повышенным содержанием сахаров и обменной энергии в сухом веществе, хорошей поедаемостью и переваримостью. Сорт ‘Аллегро’ выведен во Всероссийском научно-исследовательском институте кормов им. В.Р. Вильямса в результате межродовой гибридизации райграса многоукосного и овсяницы луговой, имеет высокий адаптационный потенциал для возделывания в широком диапазоне почвенно-климатических условий, характеризуется высокой кормовой и семенной продуктивностью, зимостойкий, с высокой побегообразовательной способностью.

Полевой опыт был проведен на территории СЗНИИМЛПХ, расположенной в д. Дитятьево Вологодского района. В 2017 году для посева травосмесей пастбищного использования применялись следующие культуры: фестулолиум *Festulolium* (норма высева – 6 кг/га), райграс пастбищный *Lolium perenne* (6 кг/га), тимopheевка луговая *Phleum pratense* (8 кг/га), овсяница луговая *Festuca pratensis* (12 кг/га), кострец безостый *Bromus inermis* (6 кг/га), мятлик луговой *Poa pratensis* (2 и 4 кг/га), клевер луговой *Trifolium pratense* (5 кг/га), клевер белый *Trifolium repens* (4 кг/га). Почва опытного участка дерново-подзолистая и легкосуглинистая, среднесуглинистая. Вариантов в опыте 10, трехкратная повторность. Размещены делянки систематически, площадь одной делянки – 11 м². Режим использования травостоев – 4-5 циклов за сезон по принципу имитации скармливания скашиванием. Фон удобрений – в вариантах 2–10 фосфорно-калийные удобрения вносили весной в начале вегетации в дозе P₆₀K₉₀ кг/га д.в. Со второго по шестой варианты внесение азота проведено дробно: весной – N₆₀ кг/га д.в. и после первого и второго цикла использования по N₃₀ кг/га д.в. На бобово-злаковых травостоях внесение азота было проведено в два этапа весной N₂₀ кг/га д.в. и после первого цикла

использования N_{25} кг/га д.в. Для наблюдений и учета урожайности использовались общепринятые методики ВНИИ кормов им. Вильямса. За годы проведения научных исследований агроклиматические условия характеризовались большим разнообразием по температурному режиму и количеству поступающих осадков, тем самым оказав существенное влияние на рост, развитие, урожайность и качество травостоев.

Ботанический состав по годам исследований характеризовался высоким содержанием сеяных трав и низким – примесей и разнотравья. В пастбищных травостоях первого года жизни содержание сеянных видов трав доходило до 89%, к пятому году жизни оно возросло на 0,9%. В травосмесях с двумя видами клевера (вар. 9, 10) доля бобовых видов была высокой на уровне 50–51%, к 2021 году она уменьшилась практически на 10%, что является оптимальным значением для пастбищных травостоев. Часто доминирующим видом был фестулолиум.

На формирование урожайности исследуемых травосмесей большое влияние оказали климатические условия, что видно по значительным колебаниям урожайности по годам проведения эксперимента. В первый год жизни урожайность злаковых и бобово-злаковых травостоев составляла 1,8–5,2 т/га СВ, во второй год жизни – 7–10,5 т/га, в третий год жизни – 4,67,6 т/га, в четвертом – 5,2–7,8 т/га, в пятом году жизни – 4,9–7,7 т/га. Агрофитоценозы, изучаемые в 2017–2021 гг., обеспечили получение корма с показателями, соответствующими зоотехническим требованиям. В среднем за годы проведения опыта сбор сырого протеина составил 16,4–18,9%. Содержание обменной энергии в корме было в пределах 9,9–10,4 МДж.

Таким образом, для повышения эффективности кормопроизводства перспективным является расширение видового состава травосмесей и использование многоукосных видов, таких как фестулолиум. Пастбищные травы обладают огромным потенциалом для производства дешевой и экологически чистой продукции, обеспечивающей положительную экономику молочного животноводства, здоровья и долголетия животных.

РЕЗУЛЬТАТЫ СЕЛЕКЦИИ ОВСА НА ПРОДУКТИВНОСТЬ И КАЧЕСТВО ЗЕРНА

Т.Ю. Пыко, С.В. Васюкевич, Е.Ю. Игнатьева

Омский аграрный научный центр, Омск, Россия, pyko.tyu@internet.ru

RESULTS OF OAT BREEDING FOR PRODUCTIVITY AND GRAIN QUALITY

T.Yu. Pyko, S.V. Vasyukevich, E.Yu. Ignatieva

Omsk Agrarian Scientific Center, Omsk, Russia, e-mail: pyko.tyu@internet.ru

Овес в мировом земледелии является традиционной культурой. Годовой объем производства зерна овса в России составляет порядка 4,5–5,5 млн тонн – около 20% рынка. Основные районы возделывания – Нечерноземная и Центрально-Черноземная зоны, Сибирь. Современное состояние продовольственного вопроса делает актуальным повсеместное распространение данной культуры как в Сибири, так и в стране в целом, в т. ч. на продовольственные цели. Исследования показали, что в условиях подтайги Западной Сибири можно успешно получать зерно овса продовольственного качества. Весьма важна адаптация сортов к условиям зоны возделывания, их стабильность.

Селекция овса в ФГБНУ «Омский АНЦ» ведется с использованием традиционных методов: гибридизация с последующим отбором в гибридных популяциях начиная с F₅, реже – с F₃–F₄. Процентное содержание константных форм в популяции возрастает в более старших поколениях. Ограничительным фактором при отборе служит уровень восприимчивости образцов к возбудителям головни. Определение технологических свойств зерна в соответствии с «Методикой государственного сортоиспытания сельскохозяйственных культур», уточненной для селекционных исследований в лаборатории качества зерна Омского АНЦ.

Натура зерна для сортов овса, включенных в список ценных по качеству, должна быть не ниже 490 г/л. По мнению исследователей, высокой следует считать натуру зерна овса свыше 480 г/л, 421–480 г/л – средней, менее 420 г/л – низкой. Выход крупы для ценных сортов не ниже 59%, пленчатость не более 27%.

Цель исследования – идентификация конкурентоспособных, адаптивных к местным экологическим факторам сортов овса с высоким качеством зерна для производства крупы.

Объект исследования – гибридные популяции овса F₃...F₈ с участием в качестве родительских форм рекомендованных источников ценных признаков качества зерна: 'Rozmar' (к-15134, Чехия), 'Illinois' 62-1535 (к-14971, США), 'Pi 183992' (к-15030, Сербия), 'IL 85-1538' (к-14732, США), 'Texas 65с306' (к-14973, США), 'Tifton 7245' (к-14978, США). Также в скрещиваниях на разных этапах использовались районированные сорта и селекционные линии, созданные в Омском АНЦ (СибНИИСХ) с участием отечественного и зарубежного генофонда овса: 'Орион' (к-14422, РФ), 'Иртыш 15' (к-14030, РФ), 'Иртыш 22' (к-15065, РФ), 'Скакун' (к-13780, РФ), 'Кировец' (к-13918, РФ), 'Астор' (к-11379, Нидерланды), 'Белозерный' (к-12366, РФ), 'Сельма' (к-15584, Швеция) и другие.

Отбор элитных метелок в гибридном питомнике (ГП) проводился в 2017 и 2018 гг., изучение в селекционном питомнике первого года (СП-1) – соответственно в 2018 и 2019 г., в конкурсном сортоиспытании (КСИ) – в 2020–2022 гг.

Агрометеорологические условия периода изучения были разнообразны. Благоприятными для формирования урожая зерна культуры были 2019 и 2022 г., наиболее неблагоприятные условия складывались в 2020 г. из-за повторяющихся периодов засухи.

В СП-1 2018 г. в трех гибридных популяциях было отобрано 27,6...60,0% линий, из которых в КП-2020 изучалось 25,0...50,0%. Все линии, изучавшиеся в контрольном питомнике, на этапе СП-1 превышали стандарт по продуктивности. Число продуктивных

побегов было на уровне и выше, чем у сорта 'Орион'. Продуктивность метелки на 13,0...80,0% выше, чем у сорта 'Орион'.

В КСИ в 2021 и 2022 г. изучались линии Тр. 20-37 (Иртыш 22 × Tifton 7245), Тр. 20-50 (Иртыш 22 × Rozmar), Тр. 20-56 (Иртыш 22 × Tifton 7245), показавшие высокий уровень урожайности (в среднем за два года соответственно 4,52, 5,05 и 5,21 т/га, стандарт 4,50 т/га), обладающие выравненностью зерна и выходом крупы на уровне сорта 'Орион' и выше. Линия Тр. 19-178 (Мутика 1100 × ЛГ-25), лидирующая по урожайности в сортоиспытании (5,35 т/га), имеет зерновку средней крупности (33,2 г), с содержанием пленок менее 27%, показателем выхода крупы на уровне стандарта 'Орион' (57,5%).

В СП-1 2019 г. в результате полевых и лабораторных оценок было оставлено для дальнейшего изучения 10,0...28,6% селекционных образцов из 8 гибридных популяций. По результатам испытания в контрольном питомнике преимущество по урожайности в сравнении со стандартом подтвердили номера, обладавшие таковым на этапе СП-1 двумя годами ранее, в том числе по продуктивности метелки.

Проведенный технологический анализ полученного в условиях 2021 г. в КП селекционного материала показал преимущество новых образцов по содержанию белка (+0,72...2,02%), выравненности (+8,44...13,88%), натуре зерна (+12...30 г/л), выходу крупы (+0,28...5,72%), урожайности зерна в сравнении со стандартом 'Орион'. Новые образцы Тр. 21-119 ([Орион (Иртыш 21 × Paul) × IL 85-1538), Тр. 21-134 ((Мутика 1110 × Roslags) × Pi 183992) обеспечили прибавку к стандарту соответственно 0,23 и 0,15 т/га.

Таким образом, в результате селекционной работы с гибридным материалом различных поколений ежегодно создается и изучается новый набор сортообразцов с повышенным потенциалом урожайности и качества зерна. При отборе высокопродуктивных образцов уделяется внимание характеристике по анализу структуры (густота продуктивного стеблестоя, масса зерна одной метелки). Преимущество по продуктивности на этапе СП-1 подтверждается в последующих питомниках, включая конкурсное сортоиспытание.

НОВЫЕ ЛИНИИ ОЗИМОЙ МЯГКОЙ ПШЕНИЦЫ ОТ МЕЖРОДОВЫХ ГИБРИДОВ

В.П. Пюккенен, Г.И. Пендинен, О.П. Митрофанова

Федеральный исследовательский центр «Всероссийский институт генетических ресурсов растений имени Н.И. Вавилова, Санкт-Петербург, Россия, v-tina7@yandex.ru

NEW LINES OF WINTER BREAD WHEAT FROM INTERGENERATIONAL HYBRIDS

V.P. Pyukkenen, G.I. Pendinen, O.P. Mitrofanova

N.I. Vavilov All-Russian Institute of Plant Genetic Resources, St. Petersburg, Russia, v-tina7@yandex.ru

Продолжает оставаться перспективным обогащение генофонда мягкой пшеницы (*Triticum aestivum* L.) генетическим материалом ржи полевой (*Secale cereal* L.) путем создания различного типа линий для решения задач селекции.

С целью привлечения генетического разнообразия мягкой пшеницы из Китая в отечественную селекцию ранее нами были отобраны из образцов коллекции ВИР линии с высокой скрещиваемостью с рожью. Полученные межродовые гибриды F₁ оказались частично фертильными. В результате многолетнего индивидуального отбора из спонтанно возникших гексаплоидных форм были созданы линии пшеничного типа. С использованием анализа GISH установлена гексаплоидная структура генома этих линий (14AA+14BB+14DD=6x=42) (Пюккенен и др., 2019).

Цель настоящего исследования оценить шесть созданных константных озимых линий пшеничного типа по зимостойкости и основным компонентам продуктивности колоса и растения. Исследования проводили на поле ННП «Пушкинские и Павловские лаборатории ВИР» в 2019/2020 и 2020/2021 гг. Условия зимних периодов в годы изучения различались: в 2020/2021 гг. с декабря по февраль были более низкими температуры воздуха, но они не оказали влияние на уровень перезимовки материала. Наиболее контрастными оказались условия летних периодов: в 2021 г. в июне и июле нередко наблюдали температуры выше +30°C, при этом в эти месяцы осадков выпало меньше нормы на 32% и 60% соответственно.

Созданные линии Л401, Л753, Л407 и Л412-5 были отобраны из расщепляющейся гибридной популяции F₄, полученной от скрещивания озимой мягкой пшеницы к-61263 'Nong da 84015' с озимой диплоидной рожью, сорт 'Ильмень'. Две другие линии (Л819 и Л817) выделены из комбинации F₉ от скрещивания озимой мягкой пшеницы Л9-ХСР с инбредной линией ржи Л434. В качестве стандарта использовали образец к-43920 'Мироновская 808', хорошо адаптированный к условиям Северо-Западного региона России. По каждой линии оценивали от 5 до 20 растений по признакам: длина стебля (см), длина верхнего междоузлия (см), продуктивная кустистость (шт.), длина колоса (см), число колосков в колосе (шт.), масса зерна с главного колоса (г) число зерен с колоса (шт.) и масса 1000 зерен (г).

В оба года изучения уровень перезимовки сорта-стандарта 'Мироновская 808' был выше 90%, а созданных линий – от 70 до 90%.

Все линии можно охарактеризовать как среднерослые и высокорослые со средней или высокой кустистостью, с колосом длиной от 7 см до 11 см и числом колосков от 14 до 22 шт. В таблице приведены данные по оценке компонентов продуктивности колоса у линий. В сезон 2019/2020 гг. признаки число зерен с колоса (шт.), масса зерна с колоса (г) и масса 1000 зерен (г) имели более высокие значения, чем в 2020/2021 гг. Это, возможно, связано с более засушливыми условиями в июне и июле 2021 г., которые могли отрицательно повлиять на налив зерна, синтез и отложение крахмала (Schierenbeck et al.,

2021), что и привело к снижению массы зерна с колоса и массы 1000 зерен, хотя значения обоих признаков остались на уровне средних (Широкий унифицированный классификатор СЭВ рода *Triticum* L., 1989). В оба года изучения все линии имели большое число зерен в колосе. Следует отметить, что в зависимости от года изучения снижение значения этого показателя наиболее существенным оказалось у линии Л407.

Таблица. Сравнительная характеристика линий пшеничного типа по признакам продуктивности колоса

Название линии, сорта	Сезон изучения					
	2019/2020 гг.			2020/2021 гг.		
	Число зерен с колоса (шт.)	Масса зерна с колоса (г)	Масса 1000 зерен (г)	Число зерен с колоса (шт.)	Масса зерна с колоса (г)	Масса 1000 зерен (г)
Л401	40,7 ± 1,0	2,1 ± 0,1	52,7 ± 1,0	38,2 ± 2,3	1,8 ± 0,2	45,6 ± 1,4
Л753	41,9 ± 2,9	2,4 ± 0,2	57,8 ± 1,3	42,2 ± 3,0	1,9 ± 0,1	45,5 ± 1,5
Л407	43,5 ± 1,4	2,5 ± 0,1	56,8 ± 0,6	32,6 ± 1,4	1,5 ± 0,1	47,2 ± 0,8
Л412-5	51,2 ± 1,5	2,6 ± 0,0	51,0 ± 0,6	40,7 ± 3,4	1,7 ± 0,2	42,8 ± 2,2
Л819	41,0 ± 3,1	2,4 ± 0,1	56,5 ± 1,6	40,0 ± 3,2	1,8 ± 0,1	45,3 ± 1,3
Л817	43,8 ± 2,6	2,4 ± 0,1	56,2 ± 1,1	44,6 ± 1,8	1,9 ± 0,0	42,4 ± 1,6
Мироновская 808, стандарт	37,0 ± 2,5	2,1 ± 0,2	56,5 ± 1,6	39,1 ± 1,1	1,7 ± 0,2	39,1 ± 1,1

Анализ корреляций между признаками показал, что значимых взаимосвязей между ними было больше в 2019/2020 гг., чем в 2020/2021 гг., что, возможно, связано с различными погодными условиями в период вегетации растений. Исключение составила линия Л817, у которой в 2020/2021 гг. число достоверных связей увеличилось. В основном у всех созданных линий, как и у сорта-стандарта 'Мироновская 808', в 2019/2020 гг. были высокими коэффициенты корреляции ($r = 0,92 \dots r = 0,99$, $P = 0,95$) между признаками «масса зерна с колоса» и «число зерен с колоса». Признак «масса 1000 зерен» был сопряжен с «массой зерна с колоса» лишь у сорта-стандарта и у линии Л401.

В целом анализ полученных данных по оценке признаков линий, отобранных из межродовых гибридов мягкой пшеницы из Китая с рожью посевной, показал, что созданные линии представляют интерес для дальнейшего изучения и перспективны для использования в селекционных программах.

ИСХОДНЫЙ МАТЕРИАЛ ДЛЯ СЕЛЕКЦИИ ЯРОВОЙ МЯГКОЙ ПШЕНИЦЫ НА УРОЖАЙНОСТЬ И УСТОЙЧИВОСТЬ К СТРЕССОВЫМ ФАКТОРАМ ВНЕШНЕЙ СРЕДЫ В УСЛОВИЯХ ЦЕНТРАЛЬНОГО НЕЧЕРНОЗЕМЬЯ

Е.С. Романова, Н.В. Давыдова

Федеральный исследовательский центр «Немчиновка», Московская обл., Россия,
davnat58@yandex.ru

SOURCE MATERIAL FOR SPRING BREAD WHEAT BREEDING FOR PRODUCTIVITY AND RESISTANCE TO ENVIRONMENTAL STRESS FACTORS UNDER THE CONDITIONS OF THE CENTRAL NON-BLACK EARTH REGION

E.S. Romanova, N.V. Davydova

Nemchinovka Federal Research Center, Moscow Province, Russia, davnat58@yandex.ru

Для реализации селекционных проектов необходимо всестороннее изучение имеющегося и синтез нового исходного материала на основе разработки и совершенствования современных методов его создания и испытания на устойчивость к неблагоприятным воздействиям внешней среды. При этом речь идет не просто о создании новых сортов пшеницы, которые по урожайности будут значительно превышать стандартный сорт, а о сортах-экотипах, отличающихся наибольшей приспособленностью к конкретным условиям.

В связи с этим следует по-иному подходить к оценке коллекционного материала. Необходимо изучение образцов по пригодности их использования в практической селекции. Важно также найти правильные формы вовлечения в селекционный процесс малопродуктивных, но обладающих ценными свойствами коллекционных образцов.

Исследования проводили в ФИЦ «Немчиновка» в 2019–2021 гг. В качестве исходного материала использовали сорта и перспективные линии собственной селекции ФИЦ «Немчиновка», других научно-исследовательских учреждений Российской Федерации, а также из дальнего и ближнего зарубежья. Весь коллекционный материал был разделен на четыре группы.

В I группу вошли сорта яровой пшеницы собственной селекции ФИЦ «Немчиновка» различных периодов сортосмены, в настоящее время внесенные в Государственный реестр сортов, допущенных к использованию на территории Российской Федерации (12 сортов), в отдельную подгруппу I/1 выделены сорта, также созданные в ФИЦ «Немчиновка», но либо не прошедшие сортоиспытание (Мильтурум 63, Подмосковная 10, Биора 2, Энгелина, Немчиновская 1), либо проходящие его в настоящее время (Лиза, Агрос, Фаина, Марфа и др.). Следующая II группа представлена 12 сортами как из ближнего (Беларусь, Украина), так и из дальнего зарубежья (Германия, Канада, Швеция). В III группу вошли сорта яровой пшеницы, созданные в селекционных центрах Российской Федерации (17 сортов). Группу IV составили перспективные линии конкурсного сортоиспытания (28 линий) [2].

При изучении коллекционного материала особое внимание уделялось изучению образцов по лимитирующим для яровой пшеницы признакам: высокой, стабильной по годам продуктивности, устойчивости к биотическим и абиотическим факторам внешней среды.

Оценка коллекционных образцов различных групп происхождения показала, что наиболее приспособленными к почвенно-климатическим условиям Центрального Нечерноземья были сорта и линии собственной селекции. При создании нового селекционного материала они используются в качестве одной из родительских форм, чаще всего материнской. У новых линий яровой пшеницы наряду с высоким уровнем урожайности проявилась устойчивость к абиотическим и абиотическим стрессорам,

а также отобран материал с высокими показателями по основным элементам структуры урожая: массе зерна с колоса, массе 1000 зерен и густоте стеблестоя.

Сорта яровой пшеницы, созданные в других научно-исследовательских учреждениях России, отличаются высокая стрессоустойчивость, а также высокая адаптивность к разностям почвенно-климатических условий, что позволяет использовать их в качестве источников этих признаков. Особый интерес представляют сорта 'Сударыня', 'Иделе', 'Йолдыз'.

Сорта иностранной селекции отличаются прочный неполегаемый стебель, высокая густота стеблестоя, а также высокая устойчивость к наиболее вредоносным листовым болезням. Особый интерес представляют сорта белорусской селекции 'Дарья', 'Далеч', 'Виза', 'Ростань' с высоким потенциалом урожайности на уровне 6,0–7,0 т/га.

В каждой группе есть различные по основным хозяйственно ценным признакам сорта, однако определенный вектор направленности селекционного отбора в различных группах позволяет их использовать в качестве исходных форм недостающих признаков.

ПРИМЕНЕНИЕ МЕТОДА ПРЕРЫВАЮЩИХСЯ БЕККРОССОВ В СЕЛЕКЦИИ ОЗИМОЙ МЯГКОЙ ПШЕНИЦЫ

Б.И. Сандухадзе, Р.З. Мамедов, М.С. Крахмалёва, В.В. Бугрова
Федеральный исследовательский центр «Немчиновка», Россия, sanduchadze@mail.ru

APPLICATION OF THE METHOD OF INTERMITTENT BACKCROSSING IN THE BREEDING OF WINTER BREAD WHEAT

B.I. Sandukhadze, R.Z. Mamedov, M.S. Krakhmaleva, V.V. Bugrova
Nemchinovka Federal Research Center, Moscow Province, Russia, sanduchadze@mail.ru

Производство озимой мягкой пшеницы в Нечерноземной зоне является масштабным. 100 лет назад в этом регионе широко возделывали только «серые хлеба»: рожь, овес, сейчас общие площади посевов под озимой пшеницей составляют более 2 млн га. Такой прогресс во многом определен работой лаборатории селекции и первичного семеноводства озимой пшеницы ФИЦ «Немчиновка», которая на протяжении почти столетия создает уникальные сорта озимой пшеницы. В последние годы наибольшее распространение у производителей получили сорта 'Московская 39', 'Московская 56', 'Немчиновская 57', 'Немчиновская 85' и другие. Эти сорта являются высокопродуктивными, относятся к сильным и ценным пшеницам, они адаптивны к неблагоприятным условиям внешней среды, но в последние годы теплые зимы и сильные дожди в сочетании со шквалистым ветром провоцируют сильное полегание посевов.

В качестве основного метода селекции нами принята внутривидовая гибридизация отдаленных эколого-географических форм, с последующим целенаправленным отбором наиболее ценных по комплексу хозяйственных и биологических признаков и свойств гибридных растений. Первоочередной задачей для создания новых сортов озимой мягкой пшеницы является понижение высоты растений с сохранением высокой продуктивности, качества зерна и зимостойкости. Актуальная проблема полегания уже существующих сортов решается вовлечением в скрещивания доноров короткостебельности. Поиск донора короткостебельности, эффективно работающего для селекции в условиях Нечерноземья, – задача трудная, число испытываемых в качестве донора короткостебельности образцов составляло более 300. Так, многочисленные скрещивания с сортом 'Норин 10' и тибетским сортом 'Том Пус' не привели к успешным практическим результатам. Наиболее эффективным было использование сорта 'Краснодарский Карлик 1'.

В работе с донорами короткостебельности не всегда успешны парные скрещивания, полученные гибриды, хотя и имеют низкую высоту растений, не всегда выдерживают конкуренцию с стандартными сортами. У них наблюдается низкая зимостойкость, сильная поражаемость грибными болезнями, мелкозерность, что в итоге негативно сказывается на урожайности. Для насыщения материала свойствами зимостойкости, продуктивности, качества зерна мы используем метод прерывающихся беккроссов. Специфика получения сложных гибридов при насыщающих прерывающихся скрещиваниях состоит в том, что в очередной беккросс вовлекают только предварительно отобранные гибриды F_3 (иногда F_4), имеющие оптимальные показатели по перезимовке, высоте и продуктивности. Обнаружено, что после трех-четырех беккроссов зимостойкость гибридов практически достигает уровня исходного зимостойкого сорта, что приводит к формированию высокой продуктивности. При использовании этого метода был достигнут огромный успех в селекции озимой мягкой пшеницы в Нечерноземной зоне и за ее пределами. Были созданы сорта 'Немчиновская 52', 'Немчиновская 86', 'Московская низкостебельная', 'Московская 70', наибольшее распространение у производителей получили сорта 'Инна' и 'Памяти Федина'. Донором генов короткостебельности являлся

сорт 'Краснодарский Карлик 1', рекуррентной родительской формой – сорт 'Мироновская 808'. Сорта 'Инна' и 'Памяти Федина', в свою очередь, активно используются для новых скрещиваний.

В последние годы донорами короткостебельности выступают образцы из Италии ('Agarik'), Венгрии ('Abigel'), Турции ('B-352-8220'), США ('Soldier') и многие другие. Так, образец из Италии 'Agarik' входит в родословную новых сортов озимой пшеницы 'Немчиновская 85' (районирован в 2021 г.) и 'Московская 27' (проходит ГСИ). Сорт 'Московская 82' (районирован в 2021 г.) имеет в качестве материнской формы образец Soldier.

Ученые широко используют насыщающие скрещивания в классической селекции, наиболее известно его применение в селекции на иммунитет. В результате направленной селекционной деятельности мы остановились на методе прерывающихся беккроссов при скрещивании короткостебельной инорайонной формы и высокорослого местного сорта. В ФИЦ «Немчиновка» в настоящее время этот метод также широко используется не только для создания новых сортов, но и нового исходного материала. В нашей работе метод прерывающихся беккроссов используется для понижения высоты растений, повышения качества зерна и зимостойкости.

Созданные на основе данной схемы сорта не только сочетают в себе высокую зимостойкость, продуктивность и хорошие хлебопекарные качества, но и обладают полевой устойчивостью к ряду болезней (мучнистая роса, бурая ржавчина, пятнистости пшеницы). Это особенно важно, так как у короткостебельных сортов возрастает роль листьев и стебля в формировании урожая. По существу, полученные сорта озимой пшеницы имеют иные корреляционные сочетания селекционно ценных признаков.

Сорт, имеющий генетически детерминированную зимостойкость, низкий стебель с прочной соломиной, в производстве оказывается высокоурожайным. У перспективных линий превышение над стандартными сортами обусловлено увеличением таких структурных элементов, как продуктивных стеблей на 1 м² на 10–20%, зерен в колосе на 20–25% и устойчивости к полеганию на 20–30%. При этом в одном генотипе достигнуто оптимальное сочетание высокой озерненности колоса (до 70 штук) и крупности зерна (масса 1000 зерен выше 50 г). Перспективные линии, планируемые для передачи на Государственное сортоиспытание, имеют высоту 60–70 см, их потенциальная урожайность составляет более 100 ц/га.

Применение метода прерывающихся беккроссов в селекции озимой мягкой пшеницы в ФИЦ «Немчиновка» эффективно. Этот метод позволяет использовать доноры короткостебельности для создания продуктивных сортов при сохранении высокого уровня зимостойкости и качества зерна районированных сортов. Данную схему можно рекомендовать для использования в селекционном процессе для совмещения в одном генотипе высокой продуктивности, качества зерна и устойчивости к абиотическим и биотическим стрессам.

СЕЛЕКЦИОННО-БИОТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ЯЧМЕНЯ В КазНИИЗиР

Б.С. Сариев, А.Р. Искаков, А.Ж. Баймуратов
ТОО «Казахский НИИ земледелия и растениеводства», Алматинская область,
Казахстан, kazniizr@mail.ru

BREEDING AND BIOTECHNOLOGICAL RESEARCH ON BARLEY IN KazRIAPG, KAZAKHSTAN

B.S. Sariev, A.R. Iskakov, A.Zh. Baimuratov
LLP “Kazakh Research Institute of Agriculture and Plant Growing”, Almaty Region,
Kazakhstan, kazniizr@mail.ru

Ячмень – одна из важнейших сельскохозяйственных культур, занимающая пятое место в мире после пшеницы, кукурузы, риса и сои по площади посевов (47 млн га), согласно данным ([http:// www.fao.org/faostat/ru/](http://www.fao.org/faostat/ru/)). Эта культура является одной из ведущих зерновых культур в Казахстане и по площадям посевов занимает второе место после пшеницы. Зерно ячменя является прекрасным концентрированным кормом для сельскохозяйственных животных, сырьем для пивоваренной, кондитерской, пищевой промышленности и широко применяется в медицине. С активным развитием животноводства и перерабатывающей промышленности Казахстана повысился спрос на зерно ячменя. В связи с этим ежегодно увеличивается посевные площади ячменя. В Казахском НИИ земледелия и растениеводства селекционная работа по ячменю проводится по трем направлениям: кормовое, пищевое и пивоваренное. Основная цель создания кормовых сортов ячменя направлена на повышение урожайности и качества зерна для конкретных зон возделывания. Урожайность ячменя в зависимости от условий выращивания составляет от 6,0 при необеспеченной богаре до 40,0 ц/га при обеспеченной богаре. Сорта пивоваренного ячменя возделываются в условиях обеспеченной богары, где количество атмосферных осадков составляет выше 450 мм. Их урожайность на орошаемых землях колеблется от 35,0 до 70,0 ц/га. Для пищевого направления в основном служат сорта голозерного ячменя. Зерно голозерного ячменя является чрезвычайно ценным продуктом диетического питания. Оно содержит комплекс вышеуказанных биологически активных ингредиентов, имеющих эффективную протекторную функцию против трех самых смертоносных болезней современной цивилизации: сердечно-сосудистых заболеваний, сахарного диабета и рака внутренних органов. Как известно, мировое генетическое разнообразие зерновых культур в течение XX века утрачено на 70–90%, утрачены староместные сорта. В Казахстане широкомасштабное возделывание высокоурожайных сортов с ограниченной генетической базой также привело к снижению уникального генетического материала местной селекции. Для решения этой проблемы в КазНИИЗиР создана богатая коллекция разнообразных ценных форм ячменя на основе местных сортов, материалов ВИР, СИММИТ и ИКАРДА, проведено изучение мировой коллекции ячменя для выделения перспективных исходных форм по направлениям исследования. В селекционных программах уделяется большое внимание научному прогнозированию параметров будущих сортов, создание модели сортов для конкретных агроэкозон. Н.И. Вавиловым было введено понятие идеатипа сорта, который представляется как сорт будущего. В экологических условиях Юго-Восточного Казахстана исследования по формированию признаков местного идеатипа ведутся с середины прошлого века. На основании полевых и лабораторных исследований за последние 30 лет созданы и районированы 25 сортов ярового, озимого и голозерного ячменя. Эти сорта на сегодня занимают в условиях производства Республики более 750 тыс. га, что составляет одну четвертую часть всей

посевной площади ячменя в Казахстане. Нами проводятся также исследования по современным методам селекции растений, в том числе по биотехнологии. Биотехнологические исследования ячменя в КазНИИЗиР были начаты в начале 80-х годов двадцатого столетия. Первые исследования проводились по отработке технологии получения культуры клеток и тканей, а также регенерации растений из каллусных культур. При этом культура *in vitro* использовалась для получения соматоклональных линий, а также для проведения клеточной селекции на засухоустойчивость, позже проводились исследования по созданию дигаплоидных линий ячменя методом «бульбозум». В ходе исследований было установлено, что разные генотипы имеют неодинаковую регенерационную способность в культуре клеток, в каллусной культуре наблюдается значительная хромосомная вариабельность, которая выражалась в появлении полиплоидии и анеуплоидии, а также хромосомных aberrаций. В результате этого стало возможным регенерация растений ячменя, которые имели различные мутации. Таким образом, в селекции растений стало возможным применение нового явления – соматоклональной вариации как нового источника изменчивости наряду с гибридизацией и мутагенезом. В результате отбора из соматоклональных линий ячменя была выделена селекционная линия, которая стала первым сортом ячменя, созданным методом биотехнологии в Казахстане. Растениям-регенерантам, полученным *in vitro*, наряду с соматоклональной вариацией свойственна гаметоклональная изменчивость, наблюдаемая у растений, полученных методом гаплоидной селекции. Предполагают, что гаметоклональная вариация отличается от соматоклональной вариации по типам изменчивости (Evans et al., 1984). V.71. P.759-774/. По мнению этих авторов, с использованием гаметоклональной вариации возможно получение новых вариантов, которые невозможно получить другими способами. Гаплоиды (удвоенные гаплоиды) ячменя – ценный материал для селекции и изучения ряда научно-практических проблем, в том числе связанных с изучением комбинативной изменчивости и поиском подходов для ее эффективного использования и закрепления в гомозиготных линиях. Исследованиями продемонстрирована эффективность дигаплоидной технологии «бульбозум» для создания генетического разнообразия ячменя. Впервые в Казахстане «бульбозум»-технология для ячменя в результате комплексной работы биотехнологов и селекционеров доведена до логического завершения – создания новых сортов.

Список литературы

Evans D.A., Sharp W.R., Medina-Filho H.P. Somaclonal and gametoclonal variation // American Journal of Botany. 1984. Vol. 71. P. 759–774.

НАСЛЕДОВАНИЕ ПРИЗНАКА «МЕНЬШАЯ ПОРАЖАЕМОСТЬ БОЛЕЗНЯМИ ПРОРОСТКОВ ПШЕНИЦЫ В РЕЗУЛЬТАТЕ ОБРАБОТКИ РАСТВОРОМ СМЕСИ СОЛЕЙ АЗОТА И ФОСФОРА»

А.В. Сидоров, Л.Г. Тырышкин

Федеральный исследовательский центр Всероссийский институт генетических ресурсов растений им. Н.И. Вавилова, Санкт-Петербург, Россия, sidan77@mail.ru

INHERITANCE OF THE TRAIT “LESS DISEASE DEVELOPMENT ON WHEAT SEEDLINGS AS A RESULT OF TREATMENT WITH A NITROGEN AND PHOSPHORUS SALT MIXTURE SOLUTION”

A.V. Sidorov, L.G. Tyryshkin

N.I. Vavilov All-Russian Institute of Plant Genetic Resources, St. Petersburg, Russia, sidan77@mail.ru

Ранее в наших исследованиях было показано снижение развития листовых болезней на проростках и взрослых растениях зерновых культур (мягкая пшеница, культурный ячмень, овес) в результате обработок растворами смеси солей азота и фосфора. В серии экспериментов было доказано, что это снижение связано с изменением под действием химикатов вирулентности и агрессивности возбудителей ржавчин, темно-бурой листовой пятнистости, мучнистой росы. Механизм воздействия солей указывал на то, что эффективность такой обработки должна была зависеть от генотипа растений, а также от концентрации и соотношения солей, что и было доказано экспериментально. Целью настоящей работы была проверка гипотезы о наследуемости признака «меньшая поражаемость болезнями проростков пшеницы в результате обработки раствором смесью солей азота и фосфора» и предварительной характеристики генетического контроля этого признака. Материалом исследования были проростки F_2 гибридной комбинации Новосибирская 29 $\times$ Лютесценс 70 и родительских сортов. Интактные растения и отрезки листьев, помещенных на смоченную водой вату, опрыскивали растворами смеси аммиачной селитры и однозамещенного фосфорнокислого натрия и затем заражали водными суспензиями спор возбудителей листовой ржавчины (*Puccinia triticina* Erikss., природная популяция из Северо-Западного региона РФ), темно-бурой листовой пятнистости (*Bipolaris sorokiniana* (Sacc.) Shoemaker, телеоморфа *Cochliobolus sativus* (Ito et Curib., смесь 4-х изолятов) и септориоза (*Stagonospora nodorum* (Berk.) Castell. et Germano, смесь 3-х изолятов). За концентрацию N1 принимали концентрацию NH_4NO_3 0,43 г/л, а P1 – концентрацию NaH_2PO_4 0,22 г/л. При обработке интактных проростков сорта ‘Лютесценс 70’ раствором N_6P_{18} наблюдалось резкое снижение развития ржавчины, а у сорта ‘Новосибирская 29’ такого рода обработка была неэффективной (отсутствие различий в количестве пустул ржавчины на единицу листовой поверхности у обработанных и контрольных растений). В F_2 от скрещивания этих сортов наблюдали расщепление 11 слабо пораженных : 30 сильно пораженных интактных проростков. Это расщепление указывает на возможный контроль признака «меньшая поражаемость ржавчиной в результате обработки раствором смесью солей азота и фосфора» одним рецессивным геном ($\chi^2 = 0,07$; $P > 0,75$).

При обработке отрезков листьев в воде раствором $\text{N}_{30}\text{P}_{12}$ у обоих родительских форм наблюдали существенное снижение развития ржавчины и септориоза; резкое снижение развития темно-бурой листовой пятнистости у сорта ‘Новосибирская 29’. Расщепление по пораженности ржавчиной было 72 : 31, что может быть интерпретировано, как контроль изучаемого признака доминантным и двумя комплементарными рецессивными генами ($\chi^2 = 2,55$), либо одним рецессивным и двумя комплементарными доминантными генами ($\chi^2 = 0,35$).

Фактическое расщепление по пораженности возбудителем септориоза было 41 : 87, что может указывать на контроль признака снижения развития болезни одним рецессивным геном и двумя комплементарными рецессивными генами ($\chi^2 = 0,34$), либо одним рецессивным и двумя комплементарными доминантными рецессивным генами ($\chi^2 = 2,66$). Фактическое расщепление по пораженности темно-бурой листовой пятнистостью 70 : 58 указывает на контроль признака у сорта 'Новосибирская 29' тремя рецессивными генами ($\chi^2 = 0,51$).

Таким образом, показано, что признак «снижение развития болезней под действием обработки проростков смесью солей азота и фосфора» контролируется олигогенно, может легко передаваться потомству после скрещивания. Кроме того, предварительные данные указывают на наличие трансгрессий у гибридного потомства.

МОНИТОРИНГ СОСТОЯНИЯ ПОСЕВОВ РИСА НА ОСНОВЕ ГЕОИНФОРМАЦИОННЫХ СИСТЕМ

**М.А. Скаженник¹, С.В. Гаркуша¹, В.С. Ковалев¹, В.Н. Чижиков¹,
А.Ф. Петрушин², Т.С. Пшеницына¹**

¹ Федеральный научный центр риса, Краснодар, Россия, sma_49@mail.ru

² Агрофизический научно-исследовательский институт, Санкт-Петербург, Россия

MONITORING THE STATE OF RICE CROPS ON THE BASIS OF GEOINFORMATION SYSTEMS

**M.A. Skazhennik¹, S.V. Garkusha¹, V.S. Kovalev¹, V.N. Chizhikov¹,
A.F. Petrushin², T.S. Pshenitsyna¹**

¹ Federal Scientific Rice Centre, Krasnodar, Russia, sma_49@mail.ru

² Agrophysical Research Institute, St. Petersburg, Russia

В сельском хозяйстве в последнее десятилетие отраслевым стандартом становится использование геоинформационных систем (ГИС) в технологии точного земледелия. В основе точного земледелия лежит представление о возможности значительного повышения урожаев с существенной экономией ресурсов и снижением антропогенной нагрузки на окружающую среду путем дифференциации агротехнологий. В РФ принята программа «Цифровая экономика РФ», концепция которой предусматривает выполнение мероприятий по разработке и созданию системы геоинформационного мониторинга и поддержки принятия решений в растениеводстве.

В «ФНЦ риса» ведутся исследования продукционного процесса агрофитоценозов риса с использованием геоинформационного мониторинга для разработки методики автоматизированного картографирования и прогнозирования урожайности. Изучаются оптические свойства (вегетационный индекс NDVI) ценозов сортов и их связи с морфофизиологическими признаками растений и урожайностью для мониторинга состояния посевов. Показано, что величина вегетационного индекса имеет положительную связь с признаками фотосинтетической деятельности растений и их азотным статусом. Рассчитаны уравнения линейной регрессии, которые позволяют оценить степень связи урожайности с вегетационным индексом. Установленные связи позволяют с большей достоверностью получать информацию о физиологическом состоянии и продукционном процессе культуры, используя для этого данные дистанционного зондирования со спутниковых и наземных систем, что дает возможность совершенствовать методику мониторинга состояния посевов риса.

Получены цифровые карты распределения вегетационного индекса посевов и урожайности, которые имеют топографическую привязку, что позволяет, используя информационные технологии, планировать агротехнологические мероприятия с учетом особенностей каждого поля.

Результаты выполненных в Краснодарском крае спектральных измерений состояния посевов риса с применением средств дистанционного зондирования и картирования урожая является основой для формирования информационной системы по применению прецизионных технологий в сельском хозяйстве.

Работа выполнена при финансовой поддержке гранта РФФИ 19-416-230021.

ЗАКОН ГОМОЛОГИЧЕСКИХ РЯДОВ (ЗГР) Н.И.ВАВИЛОВА КАК СИНТЕЗ

В.В. Суслов

Федеральный исследовательский центр Институт цитологии и генетики Сибирского
отделения Российской академии наук, Новосибирск, Россия, valya@bionet.nsc.ru

N.I. VAVILOV'S LAW OF HOMOLOGOUS SERIES (LHS) AS A SYNTHESIS

V.V. Suslov

Institute of Cytology and Genetics, Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences,
Novosibirsk, Russia, valya@bionet.nsc.ru

У Закона по определению нет исключений, есть лишь отменяющие (а) и уточняющие (б) границы применимости. При а лакуны ряда мнимы – ошибка наблюдателя, член одного ряда попал в другой, невыводимый из первого (α); при б лакуна и ряд выводимы из одной причины (β). Иначе рядов нет, есть эмпирическое правило (γ), т. е. $(\alpha \vee \beta) \wedge \neg \gamma$. Доказать статус Закона для ЗГР Вавилова значит: 1) указать вне ЗГР хотя бы один тип ГР (иначе доказать, так не может быть); 2) указать хотя бы один вывод лакун и регулярности ЗГР из одной причины (иначе доказать, так не может быть). Однако, за 100 лет с первопубликации ЗГР в литературе подобного не сделано. Напротив, определения ряда часто нет, всякое гомологическое – по принципу (организации, функции и т. д.) – сходство априорно подводят под ЗГР, а сам ЗГР – под конвергенцию¹, либо утверждают: ЗГР – γ , где лакуны порожаемы ad hoc, внешними причинами. Почему ЗГР и безразличен парадигмально СТЭ и ЭТЭ – ничего не дает в пользу, а усилий для своего обоснования требует.

Ряд – группа объектов, связанных общим однозначно интерпретируемым – характерным – признаком (ХП) и отношением предшествования/следования через изменение и/или сохранение ХП, а не иного признака. Если указанное отношение разрушает ХП, с ним затухает и гибнет ряд (2). ХП может существовать не только как элемент структуры, но и появляться в работе и/или через «третью вещь», как выявил Вавилов у ГР иммунитета (1919): без возбудителя («третья вещь») ХП иммунитета не существует, он распадается на субпризнаки, не экспрессируемые и/или входящие в другие ХП – ГР может здесь и сейчас «мерцать» (2), чего в литературе не замечено, так как ряд путают с гештальтом – группой рядов, чьи ХП (и/или отношения предшествования/следования) связаны, причем и ХП, и связь видятся, как в таблице Д.И. Менделеева, как везде и всегда существующий синдром, где лакун нет – любую вероятность любого ХП можно рассчитать, что выходит у ХП биохимии и биофизики организма, но буксует у прочих его ХП: $(\gamma \wedge \alpha) \wedge \neg \beta$. Такие синдромные ГР не входят в ЗГР, который комбинативен (1). Их выявил еще Ж. Кювье в 3-х синдромных законах (корреляции частей, 1805; их субординации, 1817; соответствия их и среды, 1828), а Э.Д. Коп перенес на филогенез и дал термин ГР, в дарвинизме синдром Кювье = ограничение на отбор. Отбор поддерживает синдром, или ничего не может с ним поделаться, либо меняет один синдром на другой или ничего не может поделаться с такой сменой.

У Вавилова ЗГР в сборке с вид-системой (ВС) и центрами (ВЦ)², впаянными в орогенные ландшафты с их разнообразием физико-географических факторов среды,

¹ Конвергенция – адаптивное сходство из-за отбора общим фактором среды (в отличие от аналогии, где функции общи, а среда может и нет). В ЗГР Вавилов приводил примеры и наличия, и отсутствия такого общего фактора. Напротив, в биоинформатике конвергенция давно синоним сходства без родства, проверку на общий фактор отбора для сходных признаков ведут выборочно, чаще всего там, где, как для генов эхолокации, такой фактор и без того очевиден.

² Вавилов менял терминологию: говорим вавиловские центры (ВЦ), исходим из работы 1940 г. В ВЦ филум формирует свое специфичное разнообразие, выявляемое как ГР. Общий же предок филума может: возникнуть в ВЦ, вне ВЦ, отсутствовать из-за гибридизации в ВС – неспециализированность и гомология по предку, как в ГР Копы, не облигатны (1).

теснотой стадий и нестабильной перколяцией границ³, так что обмены между (суб)популяциями редки, но систематичны. Показано, что это и выявит аллели: и полезные во многих контрастных стадиях – витальные (но не конвергентные¹), и для резидентов лишь своей стадии. Если рецессивы отбор тестирует лишь в рецессивной гомозиготе, то обоим выгоден отбор на доминантность: витальные выйдут в фенотипы тех (суб)популяций, куда их занесут обмены, резидентные – у своей (суб)популяции/стадии вопреки обмену. Адаптивен фенотип гетерозигот? Отбор на ассортативность скрещиваний в ВС или на дарвинову конвергенцию¹ каких-либо гомозигот к фенотипу адаптивной гетерозиготы⁴. То же у эпистаза. Автономизации (это синдром) от среды нет – меняется лишь способ/вектор зависимости так, что вид заселяет ВЦ с самых фило/предкоспецифичных² стадий, но формировка ГР размывает такую специфику¹, эволюция идет вместе с экспансией, а не из-за ключевой (пре)адаптации или вакантной экониши (это синдромы, 1). Тем более что насыщение витальными аллелями/генами на фоне богатства стадий дает локально-обстановочное (здесь и сейчас) функциональное перекрывание (ФП) признаков. В слабопессимальных стадиях мутации в ФП-парах признаков супрессирует или реверсия, или отбор на усиление другого члена пары⁵. Это не только дает ГР, но и объясняет лакуны (2, граница б) – или, нарушая симметрию вкладов ФП-пар в адаптацию (i, схема С. Харланда⁶ с выходом на отбор на изменение числа/вкладов/локальной обстановочности экспрессии генов-модификаторов⁷); или, разводя⁸ ГР (ii), пока ФП не затухнет или выродится в эмерджентный признак, где субпризнаки работают вместе, но каждый со своей функцией; или дав ГР похожести⁹ (iii). Итак, ЗГР – и Закон, и генетико-эволюционный синтез, без внеотборной эволюции как СТЭ и ЭТЭ, что вступают в силу, если популяции выгоден синдром, а не комбинаторика признаков¹⁰. Что и будет границей применимости (а) ЗГР – и Закона, и синтеза.

³ В иных ландшафтах (плакоры, дельты и др.) смена перколяции границ – часто и смена стадий. Закрытие же перевала к тому не ведет. С горами здесь сравнимы лишь архипелаги поясов складчатости и горячих точек вулканизма. Менее сравнимы островные дуги. Несравнимы архипелаги трансгрессии и коралловые, а также уединённые острова. Но с горами сравнимы и города (с поправкой на бесперспективность эволюции резидентных популяций там), и плакоры, если стадии в них отконтрастированы сигнально-социальной деятельностью организмов, как показал С.С.Шварц.

⁴ Запрет комбинаторики цитогенетикой дал бы синдром, против чего Вавилов прямо высказался в переписке с Г.Д. Карпеченко.

⁵ Верно и в паре ген+энхансер, $i+ii$.

⁶ Чьи аналоги найдены в строении промоторов эукариот (проксимальный промотор=майорген+дистальные элементы=модификаторы), их ферментов (активный сайт+сайт опознавания субстрата), признаков их анатомии (глочные челюсти цихлид+ротовые), физиологии (адаптации Лаэма-Симкина+адаптации Дарвина) и экологии (клов+песня дарвиновых выюрков при подборе пар). Т.о. классическая случаи дивергенции (“исключения” из ЗГР) выводимы из общей с ЗГР причины, причем именно функционирования, а не наследования – и промоторы, и сайты в ферментах наследуемы моногенно. Выполнены пункты 1 и 2

⁷ Как частный случай возможны схема Г. Осборна и адаптивный перекрест О. Абея, но деспециализация ведомых (=модификаторы) признаков под экраном ведущих (=майорген) по Осборну-Абелю-Н.Н. Воронцову необязательна. Другой частный случай – ГР-зеркала А.А. Заварзина, где, в отличие от биосимметрии Ю.А. Урманцева, зеркальное сходство не перманентно, а локально-обстановочно и адаптивно.

⁸ Что ранее наблюдал, но не объяснил Д.Н. Соболев. Единственное свое расхождение – осыпающийся верхушкой колос у ржи, ячменя, пшениц и эгилопсов – Вавилов вынес в примечание, не строя ГР. Расхождение в ЗГР локально-обстановочно и потому в эволюции регулируемо (β), у Соболева же напротив – перманентно и непредсказуемо (γ), почему и рвет гештальт (1,2).

⁹ У Вавилова ГР темноты (1922), но зерна пшеницы фиолетовы, ржи коричневые. ГР выявимы, пока есть светлые зерна («третья вещь»), при попарном сравнении признаки дивергентны (2). Если адаптивна тёмность, отбору неважен цвет, отбор на цвет, узор и т. п. уже складывает синдром.

¹⁰ Превращение ВС в майров вид тоже засиндромливание.

ЗАКОН ГОМОЛОГИЧЕСКИХ РЯДОВ (ЗГР) Н.И. ВАВИЛОВА И РЯДЫ Н.П. КРЕНКЕ

В.В. Суслов¹, В.Л. Вершинин²

¹ Федеральный исследовательский центр Институт цитологии и генетики Сибирского отделения Российской академии наук, Новосибирск, Россия, valya@bionet.nsc.ru

² Институт экологии растений и животных УрО РАН, Екатеринбург, Россия, vol_de_mar@list.ru

N.I. VAVILOV'S LAW OF HOMOLOGOUS SERIES (LHS) AND N.P. KRENKE'S SERIES

V.V. Suslov¹, V.L. Vershinin²

¹ Institute of Cytology and Genetics, Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences, Novosibirsk, Russia, valya@bionet.nsc.ru

² Institute of Plant and Animal Ecology, Ural Branch of the Russian Academy of Sciences, Yekaterinburg, Russia, vol_de_mar@list.ru

Поиск границ применимости, как доказательство статуса Закона, невыполним для ЗГР Вавилова при сложившейся на текущий момент традиции априори подводить под ЗГР любую гомологическую – сходную по принципу чего-либо (организации, развития и др.) – изменчивость: включение ГР Кренке в ЗГР – лишь самый известный случай. Действительно, и Вавилов (1935), и Кренке (1933–1935) выводили ГР из общей генетической основы признаков¹¹. Что и исчерпывало их сходство: по Вавилову гомологическое сходство признаков в фенотипе дает общая генетическая основа этих признаков, попадающая под разнонаправленный дарвинов отбор, прежде всего в центрах. Так что в пределе возможны ГР похожести, в которых можно выявить сходство признаков – и наблюдателю, и отбору – сравнивая признаки лишь на фоне конкретного сонаследуемого “третьего признака” или на фоне фактора среды, при участии которого идет отбор¹². По Кренке сходство признаков есть общий пул генов и общность их регуляции, но, как Вавилов, признать их равноважность и возможность компенсации вклада одного другим Кренке не мог. Уступая принципу гомологии Р. Ланкестера (гомология есть филогенетический след общего предка), он считал пул генов-гомологов фундаментальным (отсюда, хотя отношение вкладов и нефиксировано, фундаментальный вклад никогда не равен нулю¹³), ну а отбор на фоне разнообразия факторов среды не рассмотрел никак. В итоге, аномалия развития по Кренке генокопировалась или как нейтраль, или как преадаптация Л. Кено (1914) – ее носители случайно попадали в адаптивную ей среду и случайно дожидались генокопирующей мутации. Лишь затем действовал отбор. Отсюда закон Кренке 1) аномалии развития в одном филуме дают ГР

¹¹ Общая генетическая основа у Вавилова (1922, 1935) и у Кренке состоит из: а) генов-гомологов, дополненных общим сходством наследуемого б) физиологического, б2) биохимического и б3) онтогенетического пути от гена до признака (сходством механизмов регуляции по Кренке (1933–1935)). При выявлении общей генетической основы (в радикале и таблицах ГР Вавилова, при сравнении развития признаков у Кренке) различия (например, по константности признака) не учитываются – принцип свободной комбинаторики субпризнаков в комплексном признаке равен для признаков сходства и признаков различия, любое изменение признака суть признак. Исходя из того же принципа, сходства по а и б могут входить в общую генетическую основу, но отношение вкладов компонент а и б нефиксировано: здесь Кренке (1933–1935) остановился, а Вавилов (1922, 1935) шел дальше – ГР могут быть построены как на любой из компонент а и б, так и на комплексе с любым соотношением вкладов этих компонент (или субкомпонент б), гомология (принцип тождества) и аналогия (принцип общности функций) могут быть нечетко противопоставлены друг другу; отсюда, классические гомологическое и аналогическое сходства лишь крайние варианты гомологического спектра сходств; а значит соотношение вкладов гомологии и аналогии в ГР по Ю.А. Филипченко возможно, но не обязательно, почему Вавилов, отметив (1922) работу последнего, затем (1935) к ней не возвращался, выдвинув вместе с тем не менее 14 способов получения гомологического сходства. По тому, что Вавилов и не пытался расклассифицировать весь спектр гомологического сходства, видно, что такой проблемы он не ставил. От труда по фитоиммунитету (1919) до последних опубликованных при жизни работ основная проблематика у него – объяснение гомологической изменчивости через отбор и только через отбор. Проблему ограничения на отбор Вавилов подробно разбирает лишь в редакции ЗГР 1922 г., чем в первый и последний раз отходит от принципа свободной комбинаторики признаков (ограничение на отбор ограничивает и комбинаторику). Отсылки к Менделееву и Бутлерову у него декларативны, так как следствия из них не обсуждаются.

¹² К сожалению, Вавилов не дал для них термин, почему они и забыты: на фоне ГР полного сходства, например, для безлигильных форм у разных злаков, ГР похожести принимались за “плохие” ГР и нам не удалось найти их анализ в литературе по ЗГР. Пример ГР похожести через “третий признак” – ГР темноты зерен разного цвета (1922), который не заметишь без признака светлого зерна; ГР похожести через фактор среды открыт Вавиловым еще раньше – в работах по фитоиммунитету: от признаков, затрудняющих заражение неспецифическим возбудителем именно в данной и только данной средовой обстановке, Вавилов вел эволюцию устойчивости к таким возбудителям вообще, по всему ареалу вида, прямой же отбор считал невозможным (1919). Но иммунитет – признак-процесс, примеров ГР похожести через фактор среды у структурных признаков нам не удалось найти в литературе по ЗГР, хотя ими пестрит биолитература: так при естественном освещении в верхней батипелагиали красный и темный окрас не различим, почему оба широко распространены как покровительственные и т. п.

¹³ Вавилов вернулся к этому вопросу в своем виде-системе (1931), где нет и намека на принцип Ланкестера и его следствие – неспециализированного предка Э. Копе. Взгляды Кренке на вид куда традиционнее. Полногеномные данные, вскрыв масштабы отдаленной гибридизации особенно у растений, ящерик, амфибий, рыб и птиц, говорят в пользу Вавилова. Майров вид – лишь один из крайних вариантов спектра вида-системы, хотя этот вариант и крайне част у млекопитающих. Вообще отличительная черта Вавилова – примат адаптивной локальной обстановочности над фундаментальностью (что сближает его с А.Р. Уоллесом), тогда как в остальных синтезах ровно наоборот (что сближает даже самые дарвинистские из них с фиксистом Ж. Кювье с его синдромными законами).

к нормальным признакам и в родственных филумах; 2) чем типологически дальше от нормы аномалия, тем отдаленнее надо родство для пункта 1. В.В. Корона (2007) подтвердил это по аномалиям-нейтралям у растений. Проверка же В.Л. Вершинина (2017) по крайне ненейтральным аномалиям у амфибий опровергла закон Кренке: I) хотя частоты аномалий варьируют в популяциях год от года и между вмещающими их локальными стациями, тем не менее, у филума есть набор характерных аномалий и набор аномалий редких: т. е. радикал Вавилова по аномалиям; II) он слабо коррелирует с близостью аномалий к норме; III) сравнение по нему филумов для одних совпадает с традиционной классификацией, для других нет; IV) почти все аномалии играют роль преадаптаций в среды более простой и менее пессимальной, чем освоенная филумом: аномалии запирали амфибий в среде предков – воде¹⁴. Адаптивные на суше аномалии редки и стречены лишь у жаб, что и без них ее хорошо освоили¹⁵. Промежуточные результаты дала проверка А.Г. и И.А. Васильевых (2007): если закон Кренке подтверждался, то на ГР признак/аномалия для нейтралей, либо признаков, адаптивных в крайне узком спектре средового и/или функционального разнообразия, либо оценки последних двух не было. Итак, закон Кренке имеет статус Закона лишь для нейтральных ГР признак/аномалия. Отсюда, его надо убрать из ЗГР Вавилова, построенного для адаптивных признаков и широкого разнообразия среды, хотя Кренке несомненно выявил случай гомологической изменчивости. Отсюда, последняя не сводима только к ЗГР, который уже 100 лет остается ее единственным Законом. Поиск других Законов, как и изучение гомологической изменчивости в рамках дарвинизма должны быть продолжены, но ни СТЭ, ни ЭТЭ не дают к этому ключа. Равно как и априорный подвод любых ГР под ЗГР, против чего Вавилов, кстати, выступал (1935).

¹⁴ Но и там не всегда могли играть роль преадаптаций, как аномалия двулопастного хвоста головастика при их уровне регуляции движений. I-IV говорит против как Кренке, так и И.И. Шмальгаузена (1983) и всей эпигенетической теории эволюции (ЭТЭ). Рост нормы реакции налицо, а выхода в новую среду нет. Зато есть ее успешное освоение без автономизации, как и положено по Вавилову (1919, 1935).

¹⁵ Адаптивная радиация жаб – самая успешная у амфибий от выхода позвоночных на сушу. Тогда там были вакантные экониши. Жаб же встречала биота, где все занято куда более загомеостатированными тетраподами, и тем не менее жабы прошли от Южной Америки до Австралии всего за 10 млн лет.

**УСТОЙЧИВОСТЬ СОРТООБРАЗЦОВ ТЕТРАПЛОИДНОГО ВИДА
TRITICUM CARTHLICUM NEVSKI (*T. PERSICUM* VAV.)
К БУРОЙ И СТЕБЛЕВОЙ РЖАВЧИНЕ**

Г.В. Тоболова

Государственный аграрный университет Северного Зауралья, Тюмень, Россия,
tg60@mail.ru

**BROWN AND STEM RUST RESISTANCE OF VARIETIES BELONGING
TO THE TETRAPLOID SPECIES *TRITICUM CARTHLICUM* NEVSKI
(*T. PERSICUM* VAV.)**

G.V. Tobolova

Northern Trans-Ural State Agricultural University, Tyumen, Russia, tg60@mail.ru

Вавилов Н.И. впервые обосновал положение о том, что иммунитет растений непрерывно связан с их генетическими особенностями, что в очагах естественного многообразия растения-хозяина идет наиболее интенсивное формообразование у патогенов. В результате эволюционного отбора под воздействием постоянного инфекционного фона у растений формируются устойчивые к болезням и вредителям формы. В настоящее время одним из путей создания устойчивых к болезням сортов пшеницы является трансгрессия генов устойчивости от диких видов и сородичей пшеницы в культурные сорта. Одним из источников таких генов является *Triticum carthlicum* Nevski (= *T. persicum* Vav.). В связи с этим целью наших исследований было изучение устойчивости сортообразцов тетраплоидного вида карталинской пшеницы к бурой и стеблевой ржавчинам в условиях Северного Зауралья для отбора наиболее перспективных форм. Мониторинг развития болезней в Тюменской области на посевах пшеницы с 1995 по 2012 годы показал, что наиболее распространенными были септориоз, корневые гнили и мучнистая роса. Бурая ржавчина (*Puccinia triticea* Erikss. (syn. *P. recondite* Roberge: Desm. f. sp. *tritici* (Erikss) C.O. Johnston)) на посевах пшеницы проявлялась редко и незначительно. Максимальное развитие болезни было отмечено в 2010 году – 8,3%. Стеблевая ржавчина (*Puccinia graminis* Pers.: Pers. subsp. *graminis*) на посевах не отмечалась. Учет развития болезней сортообразцов карталинской пшеницы проводили в полевых условиях 1992–2009 годов и лабораторных в 2010 году в соответствии с общепринятыми методиками. Фитосанитарная обстановка по основным болезням за годы исследований в Тюменской области характеризовалась как умеренно-напряженная. Естественный инфекционный фон бурой ржавчины был слабым, максимальная интенсивность поражения сортообразцов карталинской пшеницы составляла 20–30% по шкале Петерсона (1948 г.). Порог вредоносности (40%) по годам был превышен только отдельными сортообразцами и стандартными сортами мягкой пшеницы. В среднем за годы исследований степень поражения бурой ржавчиной у сортообразцов К-39142 (var. *stramineum*), К-7881 (var. *persicum*), К-7882 (var. *persicum*), К-11899 (var. *stramineum*), К-13768 (var. *rubiginosum*), К-13822 (var. *stramineum*) и К-19725 (var. *persicum*) составила 6,3%. В то время как стандартные сорта мягкой пшеницы имели степень поражения от 19 до 28%. Для более полной иммунологической характеристики сортообразцы карталинской пшеницы были исследованы в лабораторных условиях ГНУ Сибирский НИИСХ на устойчивость к трем популяциям бурой ржавчины (омской, новосибирской и красноярской), а также к трем популяциям стеблевой ржавчины (омской, новосибирской и пушкинской). В качестве стандартов использовали сорт мягкой пшеницы ‘Новосибирская 15’ и восприимчивый сорт – ‘Памяти Азиева’. Лабораторный анализ показал, что сортообразцы карталинской пшеницы были более устойчивы к бурой ржавчине, чем к стеблевой. Искусственное заражение карталинской пшеницы

популяциями бурой ржавчины показало, что в коллекции имеются устойчивые образцы с типом иммунности 0 или 1. На листьях образца К-19756 (var. *stramineum*) отсутствовали признаки заболевания или имелись очень мелкие пустулы, окруженные некрозом. Следовательно, этот сортообразец иммунный или весьма устойчивый к бурой ржавчине. Часть сортообразцов показала тип поражения 2. Практически все исследуемые на устойчивость к стеблевой ржавчине сортообразцы имели на листьях большие сливающиеся пустулы без участков отмершей ткани, что соответствовало типу иммунности 4. Однако, у К-13836 (var. *rubiginisum*), К-13822 (var. *stramineum*) и К-27490 (var. *rubiginisum*) пустулы были среднего размера, также без участков отмершей ткани. Следовательно, эти сортообразцы по степени устойчивости – умеренно восприимчивые. Таким образом, из коллекции были выделены устойчивые к бурой ржавчине сортообразцы карталинской пшеницы. Сортообразцов устойчивых к стеблевой ржавчине не было обнаружено.

ХАРАКТЕРИСТИКА ОБРАЗЦОВ КУЛЬТУРНОГО ЯЧМЕНЯ ПО ЭФФЕКТИВНОЙ УСТОЙЧИВОСТИ К ГРИБНЫМ ЛИСТОВЫМ БОЛЕЗНЯМ

Л.Г. Тырышкин*, И.А. Звейнек

Федеральный исследовательский центр Всероссийский институт генетических ресурсов растений им. Н.И. Вавилова, Санкт-Петербург, Россия, *tyryshkinlev@rambler.ru

CHARACTERISTICS OF CULTIVATED BARLEY ACCESSIONS IN THE CONTEXT OF EFFECTIVE RESISTANCE TO FUNGAL LEAF DISEASES

L.G. Tyryshkin*, I.A. Zveinek

N.I. Vavilov All-Russian Institute of Plant Genetic Resources, St. Petersburg, Russia,
*tyryshkinlev@rambler.ru

Одним из важнейших факторов, снижающих урожай и качество семян ячменя, является поражение грибными листовыми болезнями. Общеизвестно, что выращивание устойчивых сортов – наиболее экономически выгодный и экологически безопасный метод защиты растений; для создания таких сортов необходимы доноры резистентности. Ранее по результатам нашей многолетней работы была показана крайняя узость генетического разнообразия образцов культурного ячменя (*Hordeum vulgare* L.) из коллекции Всероссийского института генетических ресурсов растений им. Н.И. Вавилова (ВИР) по эффективной устойчивости к карликовой ржавчине (возбудитель *Puccinia hordei* Otth), мучнистой росе (*Blumeria graminis* (DC.) Speer f. sp. *hordei* Marchal) и темно-бурой листовой пятнистости (*Cochliobolus sativus* (Ito et Kurib.) Drechsler ex Dastur. Однако в отечественной научной литературе сообщается о выделении за последние 20 лет значительного количества образцов ячменя, высокорезистентных к вышеперечисленным болезням, что, предположительно, указывает на обеспеченность селекции культуры на устойчивость на многие годы вперед. Однако довольно часто по разным причинам идентифицированные источники устойчивости к болезням при дальнейшей проверке не подтверждали свою резистентность. Кроме того, коллекция ВИР пополняется новыми образцами, для которых характеристика по устойчивости была неизвестна. Во многих исследованиях постулируется возможность поиска источников новых эффективных генов резистентности среди сортимента местных сортов, что подтверждается экспериментальными результатами. Цель настоящей работы – изучить ювенильную и возрастную устойчивость образцов *H. vulgare* к грибным болезням и выделить надежные источники эффективной резистентности.

Материалом исследования были 488 образцов ячменя (включая сорта ярового ячменя, допущенные к использованию в регионах Российской Федерации (69), образцы, устойчивые к болезням по литературным данным (117), образцы новейших поступлений коллекции ВИР (102), местные образцы ячменя (200)). Ювенильную резистентность изучали при заражении возбудителями болезней проростков образцов в контролируемых лабораторных условиях, устойчивость взрослых растений – на искусственных и/или естественных инфекционных фонах на полях научно-производственной базы «Пушкинские и Павловские лаборатории ВИР».

При оценке ювенильной устойчивости к болезням 10–15 семян каждого образца высевали в кюветы на ватные валики, смоченные водой. Кюветы с наклюнувшимися семенами переносили на светоустановку (освещенность 2500 люкс, температура – 20–22°C). Через 10–15 суток проростки в стадии 1-2 листьев помещали в кюветы горизонтально и опрыскивали водными суспензиями спор возбудителей болезней. После инокуляции кюветы заворачивали в полиэтилен, закрывали стеклом и помещали в темное место. Через сутки проростки, зараженные возбудителями ржавчины и мучнистой росы, возвращали в вертикальное положение. Проростки, зараженные возбудителем темно-

бурой листовой пятнистости, оставляли в кюветах в горизонтальном положении под стеклом. Для заражения использовали природные популяции возбудителей карликовой ржавчины (концентрация уредоспор 30 тыс. спор/мл), а также мучнистой росы; при изучении устойчивости к листовой пятнистости – смесь пяти природных изолятов *S. sativus* (40 тыс. спор /мл суспензии). Типы реакции на заражение возбудителями карликовой ржавчины, а также мучнистой росы отмечали через 12 суток после инокуляции по общепринятым шкалам с модификациями, где: 0 – отсутствие симптомов поражения; 0₁ – некротические пятна без пустул; 1 – очень мелкие пустулы, окруженные некрозом; 2 – пустулы среднего размера, окруженные некрозом или хлорозом; 3 – крупные пустулы без некроза; е.п. – единичные пустулы восприимчивого типа без некроза; X – на одном листе присутствуют пустулы разных типов. Типы 0, 0₁ и 1 соответствуют высокому уровню устойчивости, 2, е.п. и X – среднему уровню устойчивости и 3 – восприимчивости. Учет развития темно-бурой листовой пятнистости проводили через 7 суток после инокуляции по 7-балльной шкале, где 0 – отсутствие симптомов поражения, 1, 2, 3, 4 – поражено 10, 20, 30, 40% листовой поверхности, 5 – поражено более 50% листовой поверхности, 6 – гибель листа. Образцы, пораженные на баллы 0, 1 и 2 через 7 суток после инокуляции патогенами считали высокоустойчивыми, 3 и 4 – среднеустойчивыми, 5 и 6 – восприимчивыми. Образцы, выделившиеся как обладающие тем или иным уровнем резистентности, проверяли не менее чем в трех дополнительных независимых экспериментах.

Поскольку ранее было показано, что для надежного выделения источников эффективной возрастной устойчивости необходима оценка в поле не менее чем в течение трех эпифитотийных лет, а такое развитие болезней в условиях Северо-Запада России наблюдается раз в 3-4 года, устойчивость взрослых растений изучали в стадии флаг-листа в 2018–2020 гг. на искусственных инфекционных фонах на полях научно-производственной базы «Пушкинские и Павловские лаборатории ВИР» (ВИР, Санкт-Петербург). Семена исследуемых образцов ячменя высевали на поле по 1 ряду на полосе шириной 1 метр. Растения опытных образцов в стадии начала колошения опрыскивали с помощью ручного опрыскивателя суспензиями спор возбудителей болезней, а также заражали с помощью микрокамер. Учет проводили через 15–30 суток заражения по вышеприведенным шкалам.

По результатам исследований все изученные образцы новейших поступлений ВИР, местные сорта, сорта Госреестра РФ, а также подавляющее большинство ранее идентифицированных источников резистентности были восприимчивы к трем болезням как на стадии проростков, так и стадии флаг-листа. К темно-бурой листовой пятнистости среднеустойчивы образцы ячменя с геном *Rcs5* (NDB 112, 'Morex'), к мучнистой росе – носители рецессивных аллелей гена *mlo* (например, 'Atem', 'Trebon', 'Atribut', 'Madeira', 'MC-20', 'Heris'). Высокий уровень устойчивости к карликовой ржавчине во многие годы исследований отмечен у образцов ячменя с геном резистентности *Rph7* (например, 'Cebada Cara', 'Forrajera Klein'). Однако в отдельные годы в популяции возбудителя болезни с относительно высокой частотой были идентифицированы встречаются монопустульные изоляты, вирулентные к проросткам носителей данного гена.

Таким образом подтверждается ранее сделанный вывод о крайней узости генетического разнообразия культурного ячменя по высокoeffективной устойчивости к карликовой ржавчине, мучнистой росе и темно-бурой листовой пятнистости. Предполагается обсуждение возможных причин описания в научной литературе восприимчивых к болезням образцов ячменя как источников высокого уровня резистентности.

ХАРАКТЕРИСТИКА НОВОГО ГЕНА ПОДСЕМЕЙСТВА *DREB2* У КУКУРУЗЫ (*ZEA MAYS* L.) И ПРОФИЛЬ ЕГО ЭКСПРЕССИИ В ОТВЕТ НА АБИОТИЧЕСКИЕ СТРЕССЫ

М.А. Филюшин, Е.З. Кочиева, А.В. Щенникова

Федеральный исследовательский центр «Фундаментальные основы биотехнологии» РАН,
Москва, Россия, michel7753@mail.ru

CHARACTERISTICS OF A NEW GENE FROM THE *DREB2* SUBFAMILY IN MAIZE (*ZEA MAYS* L.) AND ITS EXPRESSION PROFILE IN RESPONSE TO ABIOTIC STRESS

M.A. Filyushin, E.Z. Kochieva, A.V. Shchennikova

Federal Research Centre “Fundamentals of Biotechnology” of the Russian Academy of Sciences,
Moscow, Russia, michel7753@mail.ru

Биотические и абиотические стрессы негативно влияют на рост, развитие и урожайность сельскохозяйственных культур. В ответ на стрессы в растениях происходит активация транскрипции многих семейств генов, связанных с различными защитными механизмами. Одним из семейств генов, экспрессия которых индуцируется абиотическими и биотическими стрессами, является подсемейство транскрипционных факторов *DREB* (dehydration-responsive element-binding proteins). Подсемейство *DREB* относится к семейству факторов транскрипции *APETALA2/EREBP*, и, как было показано для многих видов растений, члены *DREB* вовлечены в ответные реакции на холодовой стресс, засуху, засоление, высокие температуры.

В результате ре-аннотации генов подсемейства *DREB2* в геноме кукурузы *Zea mays* L. (B73) нами был обнаружен ранее не описанный ген *Zm00001d008665* (LOC100286109), гомологичный членам данного подсемейства. Ген *Zm00001d008665* локализован на хромосоме 8, имеет длину 1322 пн и состоит из двух экзонов. На дендрограмме *Zm00001d008665* формирует единый кластер с геном *ZmDREB2.1* (*Zm00001d010048*). В аминокислотной последовательности *Zm00001d008665* определено положение домена AP2.

Согласно транскриптомным данным, *Zm00001d008665* имеет две формы транскриптов – «длинную» (786 пн) и «короткую» (771 пн). В результате проведенного нами экспрессионного анализа было определено, что экспрессия «длинного» транскрипта наиболее выражена в тычинках и завязях, а экспрессия «короткого» транскрипта – в листьях, эндосперме и зародышах. В корнях уровень экспрессии обоих транскриптов был сопоставим.

Была исследована ко-экспрессия *Zm00001d008665* и других генов подсемейства *DREB2* в проростках кукурузы в ответ на обработку абсцизовой кислотой (АБК), засуху, засоление и холодовой стресс. Экспрессии «длинного» транскрипта *Zm00001d008665* обнаружено не было, а экспрессия «короткого» транскрипта значительно возрастала в ответ на обработку АБК, холодовой стресс и засуху. В ответ на засоление экспрессия «короткого» транскрипта *Zm00001d008665* снижалась. Экспрессии генов *ZmDREB2.3*, *ZmDREB2.4* и *ZmDREB2.6* в контрольных растениях и подвергнутых стрессам не выявлено. Уровни транскрипции *ZmDREB2.1* возрастали в ответ на обработку АБК и снижались/не изменялись в ответ на другие стрессы. Экспрессия генов *ZmDREB2.7* и *ZmDREB2.8* индуцировалась обработкой АБК и холодовым стрессом, но в ответ на засоление и засуху уровни транскрипции данных генов значительно снижались.

Работа выполнена при поддержке гранта РФФ № 21-16-00008.

ЭВОЛЮЦИЯ ПРИ УРБАНИЗАЦИИ «ДИКИХ» ВИДОВ ПТИЦ КАК ПРИМЕР РЕАЛИЗАЦИИ ЗАКОНА ГОМОЛОГИЧЕСКИХ РЯДОВ (ЗГР) Н.И. ВАВИЛОВА И СИНТЕЗА НА ЕГО ОСНОВЕ

В.С. Фридман¹, В.В. Суслов²

¹ Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова, Москва, Россия, wolf17@list.ru

² Федеральный исследовательский центр Институт цитологии и генетики Сибирского отделения Российской академии наук, Новосибирск, Россия, valya@bionet.nsc.ru

EVOLUTION DURING URBANIZATION OF “WILD” BIRD SPECIES AS AN EXAMPLE OF THE IMPLEMENTATION OF N.I. VAVILOV’S LAW OF HOMOLOGOUS SERIES (LHS) AND THE SYNTHESIS BASED ON IT

V.S. Friedmann¹, V.V. Suslov²

¹ Lomonosov Moscow State University, Moscow, Russia, wolf17@list.ru

² Institute of Cytology and Genetics, Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences, Novosibirsk, Russia, valya@bionet.nsc.ru

Закон гомологических рядов (ЗГР) – обобщение работ Вавилова по признакам врожденного фитоиммунитета на все наследуемые признаки. Решая проблему адаптации к неспецифичному возбудителю, Вавилов показал (1919, 1935) бесперспективность отбора, в том числе при высокой изменчивости и общей устойчивости вида хозяев (ВХ)¹⁶, если вирулентность возбудителя уже перекрыла изменчивость не только ВХ, но и всего его рода. Спасение ВХ – отступление из ареала в рефугии, где комбинаторное сочетание факторов среды ослабит, но не уничтожит жизнеспособность, вирулентность или контактиозность возбудителя, что возможно лишь если ВХ уже освоил – любым путем, даже ценой снижения плодовитости¹⁷ – ареал с разнообразием физико-географических факторов среды, теснотой стадий и нестабильной перколяцией их границ, так что обмены между (суб)популяциями редки, но систематичны. Иными словами, освоит центр Вавилова (1940) – ВЦ. Адаптировавшись к возбудителю за счет отбора в немногих стадиях-рефугиях, ВХ начнет реколонизацию ареала, используя уже комбинаторику собственных признаков и факторов среды, разбиваясь на субпопуляции, адаптированные к возбудителю здесь и сейчас, в соответствующих стадиях – эволюция пойдет с экспансией, а не за счет некой ключевой преадаптации у общего предка 1. Наконец, обмены локально устойчивых субпопуляций выявят гены, дающие устойчивость в нескольких стадиях, отделив их от генов резидентной – лишь в данной стадии – устойчивости к возбудителю. Комбинаторика первых оторвет ВХ от стадий и даст правую часть радикала, левую даст комбинаторика вторых: получаем ГР и сложные доминантно-рецессивные отношения в них, заменяющие предковый синдром признаков устойчивости ВХ, что сохранится разве в реликтовых стадиях.

Черты любой урбосреды – высокие гетерогенность (а), нестабильность (б), изменчивость (в) в сравнении со всякими внегородскими ландшафтами. Мало того, что а–в растет от передовых линий разрушения городом природных ландшафтов (окраины, территории, окруженные городскими магистралями и др.) к центру, на этом градиенте добавляется непохожесть стадий на все, встреченное родом (даже не видом) в филогенезе (г), изменчивость перколяции границ стадий (д) вплоть до появления все более и более разделяющего жизнепригодные стадии матрикса (д) – техногенных стадий, никак не пригодных для жизни, которые надо пересечь. Аналогия с ВЦ налицо, роль

¹⁶ Единственный ответ на проблему, соответственно, в синтетической и эпигенетической теориях эволюции (СТЭ и ЭТЭ), которые на тот момент только складывались в генетико-эволюционные синтезы.

¹⁷ Например, из-за отдаленных скрещиваний с другими видами. Инбридинг Вавилов рассматривал и использовал для вывода в фенотип изменчивости, скрытой в очагах разнообразия генов при общем фенотипе. Такие очаги он выделил в 1940 г., развивая свою теорию центров (далее ВЦ – вавиловский центр).

неспецифичного возбудителя играет средовой стресс из-за **а–д** урбосреды. Показано два пути урбанизации. Прямая урбанизация стартует с городских окраин (не в сельских пригородах!), где градиент **а–д** дает себя знать, идет вверх по нему, сопровождаясь ростом лабилизации, а в предделе и разрушением филумспецифичного синдромного поведения в сочетании с освоением стаций, все менее похожих на филумспецифичные. По мере урбанизации вида падает повторяемость поведения, в том числе за счет умения включать в него элементы стации: для ухода от опасности, поиска пищи, перехода матрикса и т. п. Анализ агрессии, оборонительного, исследовательского поведения, отношения к новизне «городских» птиц и зверей выявил: они не делаются ни «добрей», ни «доверчивей» (как домашние животные). Но если их агрессия растет, то вместе со смелостью, дающей более точную дифференциацию – *приоритезацию* – потенциальной опасности от «просто беспокойства», к которому особи урбопопуляций делаются все индифферентней. При урбанизации «диких» видов птиц (в отличие от домашних животных) мозг увеличивается, как и в других вариантах экстремальной среды обитания. Платой за продвижение по градиенту **а–д** будет падение размножаемости особей, однако чем выше по градиенту **а–д**, тем выше вероятность встреч именно таких особей. В итоге, лабилизация поведения характеризует уже не отдельных особей, а ситуации, в которых оказываются урбопопуляции. Все поведение делается максимально гибким, контекстуально-комбинаторным, улучшаются все виды памяти, что дает улучшение распознавания специфики ситуации, выбора способа действия, более точного «дозирования» реакций по цели, чем достигается рост урбопопуляций из-за роста среднеожидаемой продолжительности жизни (а значит и попыток размножения на особь), вскоре перекрывающий потери размножаемости из-за **а–д**. Даже если при урбанизации видоспецифичные признаки поведения сохраняются, урбанизация заменяет синдромную связь между ними на связь через приоритезацию признаков в комплексе, так что запуски различных форм наследственного поведения в субпопуляциях «городских» птиц и животных по градиенту **а–д** все более взаимно независимы. В предделе приоритезация замещает саму связь со средой, та перестает быть средой обитания, превращаясь в *домициллу* – сеть временных убежищ, между которыми урбанизированные особи сперва кочуют, а затем уже целенаправленно ищут их для отдыха, размножения и т. д., в том числе среди стаций матрикса, которые используют как укрытия, ведя поиск пищи в других стациях¹⁸. При возвратной урбанизации та же картина наблюдаема после долгого периода отступления вида в рефугии слабо нарушенных городом стаций: с них и стартует урбанизация. *Причем пределы возвратной урбанизации за все время наблюдений ставились возможностями для отступления в данном городе, а не особенностями предковой биологии вида*¹⁹. Эндемизация субпопуляции матриксом на «острове» (парке, сквере) без возможности обмена с другими отступающими популяциями и контакта с измененными городом стациями выключает ее из процесса возвратной урбанизации: она гибнет с таким «островом» или раньше, из-за проблем с размножаемостью. Что и будет первым отличием от схемы Вавилова (1919, 1935): резидентные популяции сохраняются в ВЦ, но для урбанизации потеряны, так как время жизни стаций в урболандшафтах много меньше, чем в ландшафтах орогенных, где Вавилов и выявил ВЦ.

ГР по поведению есть у разных видов, родов – вплоть до классов (птицы, звери, из рептилий – ящерицы²⁰), у разных городов (например, от Осло до Туниса, что исключает конвергенцию по условиям среды), между урбопопуляциями одного вида и, наконец, между генами: чаще всего и у разных видов, и у урбопопуляций одного вида отбор идет по генам *DRD4* (приоритезация, рабочая память, привязка воспоминаний к текущей

¹⁸ Для «сельских» особей характерен синдром кормности стации и наличия в ней мест, пригодных к гнездованию. Хотя у разных «сельских» популяций степень синдромности и может варьировать, синдром задан видоспецифичным механизмом осаживания кочующих особей на территории. Этот синдром лабилизируется, а затем и разрушается у урбопопуляций хотя бы потому, что при способности пересекать матрикс в городе с его отбросами всегда можно найти и саму пищу, и её разнообразие.

¹⁹ Иными словами, покидание видом одного города могло идти синхронно с освоением тем же видом другого.

²⁰ Змеи, ввиду их адаптаций к голодовке – единственные из изученных филумов, успешно эндемизирующиеся на реликтовых «островах», не пересекая матрикса. С другой стороны и для них описано освоение урбостаций по **а–д** градиенту. Положение осложняет трудность учёта змей.

обстановке) и *SERT* (купирование дистресса)²¹. Нет лишь ГР по признакам морфологии: бесполезность таких признаков для урбанизации объясняет это второе отличие от схемы Вавилова. Зато выявлены ГР по динамике онто/морфогенеза, что говорит о лабильности связей между такими признаками и перекидывает мостик к урбопопуляциям растений, где ростовые процессы заменяют поведение.

²¹ Эффект основателя при урбанизации не выявлен. Даже близкие города заселяются параллельно, а не переселением урбанизированных особей, что у птиц проверено кольцеванием.

ЦИТОГЕНЕТИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА *THINOPYRUM BESSARABICUM*

А.И. Юркина, П.Ю. Крупин, В.М. Соколова, Д.С. Ульянов, М.Г. Дивашук

Всероссийский научно-исследовательский институт сельскохозяйственной биотехнологии, Москва, Россия, aaaaaa3197@gmail.com

CYTOGENETIC CHARACTERISTICS OF *THINOPYRUM BESSARABICUM*

A.I. Yurkina, P.Y. Kroupin, V.M. Sokolova, D.S. Ulyanov, M.G. Divashuk

All-Russia Research Institute of Agricultural Biotechnology, Moscow, Russia, aaaaaa3197@gmail.com

Thinopyrum bessarabicum (Savul. & Rayss) A. Löve ($2n = 2x = 14$, J^b) – многолетний дикорастущий злак, относящийся к третичному генетическому пулу пшеницы, благодаря которому можно повышать генетическое разнообразие культурных злаков. J-геном интересен тем, что он наиболее часто рекомбинирует с D-геномом пшеницы, что позволяет использовать виды – носители данного генома как доноры генов хозяйственно ценных признаков.

Нами было проведено Illumina-секвенирование образца *Th. bessarabicum* PI 531711 и последующее изучение повторяющихся последовательностей ДНК при помощи Repeat Explorer 2. В результате анализа репитома *Th. bessarabicum* PI 531711 были выявлены следующие типы повторяющихся последовательностей ДНК: большую часть повторяющейся ДНК составляют мобильные элементы – 44,4%, из них 42,6% относятся к LTR-ретротранспозонам, а 1,9% – к ДНК-транспозонам. Среди LTR-элементов большую часть занимает надсемейство Ty3/Gypsy – 27,8%, а Ty1-copia составило 11,3%. Содержание рДНК составляет 0,3%. Сателлитная ДНК составляет 1,9%. Также на основе Repeat Explorer 2 было собрано и проанализировано 15 tandemных повторов.

Была произведена разработка праймеров на выявленные повторы J-генома. FISH-пробы получали с помощью амплификации с праймеров. В дальнейшем полученный ампликон метили либо биотином, либо дигоксигенином. Для приготовления цитологических препаратов использовались корневые меристемы. При помощи флуоресцентной гибридизации *in situ* нами была осуществлена локализация следующих повторов: KA25CL149, KA25CL170, KA25CL198, V1CL193, KA25CL192, KA25CL148, KA25CL2, KK26CL44.

Повтор KA25CL149 на *Th. bessarabicum* локализовался на двух парах в субтеломерной области. На одной паре наблюдается дополнительный сигнал в прицентромерной области. Повтор KA25CL170 располагается на четырех парах хромосом: одна пара имеет сигнал на двух плечах в субтеломерной области, две пары имеют локализацию повтора в субтеломерной области на длинном плече, одна пара несет CL170 в субтеломерной области на коротком плече. KA25CL198 локализуется на шести парах хромосом в прицентромерной области. Повтор V1CL193 на *Th. bessarabicum* локализуется на одной паре хромосом терминально. KA25CL192 не показал локализацию на хромосомах *Th. bessarabicum*. KA25CL148 распределен диспергированно по всем хромосомам в субтеломерной области, на одной паре хромосом сигнал локализуется прицентромерно на коротких плечах. Повтор KA25CL2 на *Th. bessarabicum* локализуется на четырех парах хромосом: три хромосомы имеют сигнал на обоих плечах хромосом в теломерной области, на пяти хромосомах сигнал располагается в теломерной области на коротком или длинном плечах. KA25CL44 распределен по всем хромосомам диспергированно, кроме теломерной и субтеломерной областей.

Работа выполнена при поддержке гранта РНФ 21-16-00123.

ГЕНЕТИЧЕСКИЕ РЕСУРСЫ ВИДА *ORYZA SATIVA* L. ДЛЯ ВЕДЕНИЯ СЕЛЕКЦИИ НА АДАПТИВНОСТЬ К АБИОТИЧЕСКИМ СТРЕССОРАМ

С.А. Юрченко, Т.Л. Коротенко

Федеральный научный центр риса, Краснодар, Россия, arri_kub@mail.ru

GENETIC RESOURCES OF THE SPECIES *ORYZA SATIVA* L. FOR USE IN THE BREEDING FOR RESPONSE TO ABIOTIC STRESSORS

S.A. Yurchenko, T.L. Korotenko

Federal Scientific Rice Center, Krasnodar, Russia, arri_kub@mail.ru

Рис (*Oryza sativa* L.) является одним из важнейших продуктов питания на планете. В Краснодарском крае производится 80% всей продукции в России, так, в 2021 году под посев риса было задействовано более 118 тыс. га. Средняя урожайность кубанских сортов по годам составляет 62,4 ц/га. Основной проблемой, с которой столкнется человечество в ближайшем будущем из-за роста населения, это нехватка продуктов питания. Таким образом остро стоит вопрос продовольственной безопасности страны. Рис как одна из важных культур, возделываемая на юге России, требует особого внимания.

Цель непрерывно ведущейся селекции риса – это повышение зерновой продуктивности растения, которое можно реализовать за счет сохранения генетического потенциала сорта при воздействии различных стрессовых условий. Устойчивости нового сорта может способствовать правильный подбор родительских линий из генетических коллекций. Таким образом актуальной задачей современных селекционных программ для рисоводства является повышения экологической устойчивости к нерегулируемым факторам внешней среды, оптимизация которых технически невозможна. В связи с тем, что рис – это теплолюбивая культура, которая берет начало из тропического пояса Юго-Восточной Азии, его распространение во многом зависит от климатических факторов. К числу таковых относят температуру окружающей среды, которая регулирует прохождение энергетических, биохимических и физиологических процессов: развитие растений и накопление биомассы, от интенсивности которых зависит зерновая продуктивность сорта. Воздействие низких положительных температур пагубно влияет на рис в период прорастания зерновки и появления всходов. А влияние высоких температур критически действует в фазу цветения. В первом случае снижаются жизнеспособность проростков и полевая всхожесть, во втором – страдает продуктивность метелки.

В связи с тем, что посев риса на Кубани проводят в начале мая, среднесуточная (многолетняя) температура составляет около 15°C, холодостойкость риса и возможность быстрого прорастания в условиях пониженных положительных температур занимают важное место при оценке сортов и исходного материала на устойчивость к стрессовым факторам среды. Также повышенные температуры в период цветения и налива зерна неблагоприятно сказываются на продуктивности растений риса (в конце июля – начале августа в период массового цветения могут формироваться суховеи с высокими температурами выше 35 градусов). Такое негативное влияние приводит к снижению урожайности риса, повышению пустозерности и снижению массы 1000 зерен.

Цель научно-исследовательской работы – изучить генетическое разнообразие вида *O. sativa* для формирования «целевой признаковой коллекции» и базы данных источников устойчивости к действию стрессовых факторов: пониженным положительным температурам в период появления всходов и высоких температур в период цветения.

В качестве материала исследований взято 146 коллекционных образцов риса, происхождением из 25 стран. Исследования проведены в 2020–2021 гг. на базе группы УНУ «Коллекция генетических ресурсов риса». За годы исследования проведена оценка

генотипов на температурные стрессы: в условиях вегетационной площадки «ФНЦ риса» заложены два опыта по оценке и отбору наиболее устойчивых форм риса из коллекции научного центра. Для понимания потенциала продуктивности отдельных образцовых выращивали при различных условиях. Оценку на холодостойкость проводили при помощи различных сроков посева: 20 апреля и 20 мая и фиксировали интенсивность роста проростков. Для оценки воздействия высоких температур в период цветения образцы помещались в поликарбонатный домик для обеспечения искусственного температурного стресса в начале обозначенной фазы (с измерением и регистрацией температурного режима) и по окончании цветения выставляли обратно на вегетационную площадку. Оценки, описания, фенологические наблюдения и биометрический анализ проводили согласно признанным методикам по оценке мировой коллекции.

За два года исследования проведено испытание 68 образцов риса на холодостойкость, изучено прохождение фенофаз генотипами, описан морфотип и продуктивный потенциал этих растений. Имели высокую интенсивность роста в фазу прорастания и проявили наибольшую стабильность признаков продуктивности между двумя сроками посева 38 генотипов, которые могут быть рекомендованы для целей селекции как холодостойкий исходный материал. А в ходе комплексной оценки из них выделено шесть наиболее перспективных образцов по хозяйственно ценным признакам: № 04125 (Контакт, Россия), № 255-08 (ПВ-1 Kirkpinar, Филиппины), № 170-09 (JRCTN SKAU-23, Филиппины), № 172-09 (JRCTN SKAU-389 (339), Филиппины), № 234-09 (JiSheng 202, Китай), № 483-10 (IRTON AA 25752/09, Филиппины).

Оценку на адаптивность риса к высоким температурам в период цветения провели у 78 коллекционных образцов, изучено прохождение фенофаз, описан морфотип и продуктивный потенциал растений. Из числа изученных выделились 27 генотипов, которые в стрессовых условиях сохраняли продуктивность метелки и имели низкий процент стерильности колосков. В сравнении с вариантом выращивания этих образцов в оптимальных условиях, они проявили наибольшую стабильность по элементам продуктивности и продолжительности вегетационного периода. Комплексная оценка селекционно важных признаков позволила выделить из них девять наиболее перспективных образцов: № 04811 (Cerere, Италия); № 62-06 (Weliyon-77, Индия); № 229-06 (AA 02734/05 03 Po 087, Филиппины); № 109-07 (Tatsumi – mochi, Япония); № 251-08 (ПВ-1 IR 74 506-28, Филиппины); № 186-09 (IRLON PSB Rc 4, Филиппины); № 239-09 (Sakna 101, Египет); № 240-09 (Avangard, Узбекистан); № 84-01 (Saturn, США).

Исследования выполнены в рамках аспирантской научно-исследовательской работы.

**СЕКЦИЯ. ГЕНЕТИЧЕСКИЕ РЕСУРСЫ
КАРТОФЕЛЯ И КЛУБНЕПЛОДНЫХ**

**SECTION. GENETIC RESOURCES OF POTATO AND
TUBER CROPS**

ОПЫТ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ТУРА ДЛЯ ПОДДЕРЖАНИЯ КОЛЛЕКЦИИ КАРТОФЕЛЯ В КУЛЬТУРЕ *IN VITRO*

С.А. Булдаков

Сахалинский научно-исследовательский институт сельского хозяйства, Южно-Сахалинск,
Россия, sarsarsar88@mail.ru

EXPERIENCE OF USING THE *TUR* FERTILIZER TO MAINTAIN THE POTATO COLLECTION *IN VITRO*

S.A. Buldakov

Sakhalin Scientific Research Institute of Agriculture, Yuzhno-Sakhalinsk, Russia,
sarsarsar88@mail.ru

Современные технологии и регламенты получения культуры *in vitro* рекомендуют организациям, производящим исходный материал, обновлять свои коллекции сортов каждые два года и проводить за это время количество черенкований не более 10 раз, для сохранения качества пробирочного картофеля. Для достижения этого показателя применяют модифицированные питательные среды с добавлением смесей стимуляторов роста, а также удлиняют период между пассажами с помощью регуляции температуры. Учитывая, что биотехнологические лаборатории имеют две стадии работы: первая – массовое тиражирование микрорастений в зимне-весеннее время, вторая – поддержание коллекционного материала в небольших объемах в летне-осенний период. Поэтому оптимизация на уменьшение количества черенкований на втором этапе работы в биолaborаториях является актуальным направлением. Так как сокращение пассажей позволит не только улучшить качество исходного материала, но и сократить общие затраты. С этой целью перспективно использовать вещества, ингибирующие рост вещества, например ТУР, для этого мы определили его оптимальные концентрации.

Исследования проведены в ФГБНУ «Сахалинском научно-исследовательском институте сельского хозяйства» в 2020–2021 годах. Применялись сорта разной группы спелости. Схема опытов состояла из 6 вариантов: 1. Питательная среда М-С (контроль); 2. Питательная среда М-С с добавлением ТУРа 1,8 г/л; 3. Питательная среда М-С с добавлением ТУРа 0,9 г/л; 4. Питательная среда М-С с добавлением ТУРа 0,45 г/л; 5. Питательная среда М-С с добавлением ТУРа 0,225 г/л; 6. Питательная среда М-С с добавлением ТУРа 0,1125 г/л.

В лабораторных условиях пробирочные растения расчеренковывали на сегменты, черенок с листом. Для большей однородности при закладке опыта исключались нижний черенок и верхушка микрорастения. Пробирки с черенками помещались в фитотрон.

Исследования показали, что применение ингибитора роста при добавлении в питательную среду оказало значительное воздействие на ростовые процессы у микрорастений всех изучаемых сортов в культуре *in vitro*.

ТУР уменьшал высоту пробирочных растений в зависимости от концентрации – на 48–95% (4,7–11,1 см). Наибольший эффект по данному показателю был достигнут в максимальной дозе (1,8 г/л), под его действием наблюдалось очень сильное угнетение посаженных черенков во всех сортах. Двукратное уменьшение исследуемого препарата (0,9 г/л) увеличивало среднюю высоту растений от максимальной концентрации – на 1,6–3,5%, четырехкратное (0,45 г/л) – 4,1–9,3%, восьмикратное (0,225 г/л) – 9,0–28,7% соответственно. Также было замечено, что группа спелости сортов влияет на отзывчивость к действию ТУРа. Например, ранний сорт ‘Метеор’ более чувствителен к действующему веществу, так как даже в небольших концентрациях (0,1125 г/л) у него шло наибольшее уменьшение высоты растений (8,6 см) по сравнению со среднеранним сортом ‘Зекура’ (6,8 см) и среднеспелым сортом ‘Северное сияние’ (4,7 см).

Типичной особенностью ранних и среднеранних сортов при выращивании в культуре *in vitro* это их быстрое вытягивание в пробирке до пробки. При этом, не смотря на их внушительную длину стебля, количество полученных черенков меньше чем у более поздних сортов. Результаты исследований показали, что при добавлении ретарданта в больших дозах число междоузлий уменьшается (22,9–39,3%), и они становятся скученными. По мере уменьшения ТУРа число междоузлий увеличивается и достигает максимального своего значения у раннего сорта ‘Метеор’ (54,4%) и среднераннего сорта ‘Зекура’ (6,4%) в наименьшей концентрации препарата (0,1125 г/л). Для среднеспелого сорта ‘Северное сияние’ пиковое значение фиксируется в дозе (0,225 г/л), что соответствует прибавке междоузлий на 11% от контрольного значения. Универсальной концентрацией подходящий для всех сортов разных групп спелости можно считать дозу 0,225 г ТУРа на литр питательной среды, так как под ее действием наблюдается достоверная прибавка числа междоузлий на 6,5–22,0% в зависимости от сорта.

Хорошо развитая корневая система играет большую роль при адаптации пробирочных растений в почвенном субстрате, благодаря ей растения быстрее приживаются во внешних условиях. Из приведенных данных видно, что ингибитор роста повлиял на ризогенез пробирочных растений. Высокая доза препарат (1,8 г/л) полностью остановила рост корневой системы на всех сортах. При этом небольшое количество действующего вещества имело разнонаправленное влияние, которое сильно зависело от сортовой отзывчивости. Для картофеля сорта ‘Метеор’ и ‘Северное сияние’ все концентрации ТУРа угнетающе влияли на корневую систему, уменьшая ее длину до 65,2 и 30,8% и количество корней до 92,4 и 43,2% соответственно, только в небольших дозах (0,225 г/л и 0,1125 г/л) показатели были в пределах контрольного значения. Корнеобразование на сорте ‘Зекура’ было наиболее чувствительное к ТУРу, так как высокие дозы препарат (0,9 г/л) сильнее сократили длину корней на 80,2%, при этом наименьшая концентрация действующего вещества (0,1125 г/л) максимально увеличила размер корней на 17,8% по сравнению с другими сортами.

Учитывая комплекс изученных показателей и сортовую отзывчивость на действие разных концентраций ТУРа, оптимальной дозой является 0,225 г/л – в данном варианте микрорастения вырастают компактными (1,75–3,61 см) с большим количеством междоузлий (8,3–12,1 шт.) и достаточно развитой корневой системой. Такие показатели способствуют долгому выстаиванию пробирочных растений и соответственно удлинению межинтервального периода черенкований. Также, исходя из наблюдений, ТУР в установленных концентрациях увеличивал размер листовых пластинок и делал их окрас темно-зеленым. Других морфологических изменений по форме и опушенности листьев у микрорастений картофеля не наблюдалось.

Последующие наблюдения за выделившимся вариантом опыта на сохранность микрорастений показали, что на 60 сутки после пассажа контрольные микрорастения заполняли все пробирочное пространство, закручивались под пробкой и погибали от использования всего объема питательной среды. Растения с ТУРом (0,225 г/л) на второй месяц были жизнеспособными, мощными, они прибавляли в росте в среднем на 1,0–1,3 см и достигли половина объема пробирки, при этом количество неиспользованной питательной среды оставалось в пределах 30–35% от первоначального объема. Дальнейшее выдерживание микрорастений на модифицированной питательной среде показала возможность удлинения периода между черенкованиями до 70 дней. Также микрорастения выращенные с ингибитором роста при последующей пересадке на стандартную питательную среду Мурасиге-Скуга не проявляли отрицательного эффекта последействия.

Таким образом, нами установлена оптимальная концентрация ингибитора роста ТУРа в количестве 0,225 г на 1 л питательной среды Мурасиге-Скуга. Действующее вещество позволяет удлинить культивационный период в 2,3 раза и сократить число пассажей и уменьшить затраты на комплекс мероприятий для данной работы.

СОХРАНЕНИЕ ОБРАЗЦОВ КАРТОФЕЛЯ В КРИОКОЛЛЕКЦИИ ВИР

**О.С. Ефремова, Н.Н. Волкова, О.В. Лисицына, Д.А. Рыбаков, П.В. Озерский,
Т.А. Гавриленко**

Федеральный исследовательский центр Всероссийский институт генетических ресурсов растений имени Н.И. Вавилова, Санкт-Петербург, Россия, o.efremova@vir.nw.ru

PRESERVATION OF POTATO ACCESSIONS IN THE VIR CRYOGENIC COLLECTION

**O.S. Efremova, N.N. Volkova, O.V. Lisitsyna, D.A. Rybakov, P.V. Ozerski,
T.A. Gavrilenko**

N.I. Vavilov All-Russian Institute of Plant Genetic Resources, St. Petersburg, Russia,
o.efremova@vir.nw.ru

В настоящее время динамично развиваются исследования в области криоконсервации как в способе долгосрочного хранения генетических ресурсов вегетативно размножаемых растений в контролируемых условиях. Криоколлекции картофеля, в состав которых входят образцы селекционных сортов, аборигенных южноамериканских сортов и гибридных клонов, имеются во многих генбанках мира. Самые крупные из них: International Potato Center (CIP) – Перу, IPK/GLKS – Германия, NCGRP – США, NAC – Корея, CAES – Япония. В ВИР формирование криоколлекции картофеля было начато в 2016 г.

Приведены последние результаты криоконсервации современных российских сортов, выведенных в различных селекционных центрах РФ: Ленинградский НИИСХ «Белогорка» – филиал ФГБНУ «ФИЦ Картофеля им. А.Г. Лорха» и ООО Селекционной фирме «ЛиГа», Татарский НИИСХ ФИЦ КазНЦРАН, Омский АНЦ. В опытах по криоконсервации участвовали образцы сортов из коллекции *in vitro* ВИР, для которых ранее была выполнена молекулярно-генетическая паспортизация. Крио-консервацию проводили с использованием метода дроплет-витрификации, несколько этапов которого были модифицированы в отделе биотехнологии ВИР. Частота пост-криогенной регенерации у проанализированных сортов в контрольных вариантах с погружением в жидкий азот на 1 час варьировала от 20,0 до 47,3%. У 20 из 24 образцов сортов частота пост-криогенной регенерации превышала 30%, из них у пяти образцов была выше 40%, что соответствует современному международному стандарту. Три образца имели относительно низкие показатели регенерационной способности – от 20,0 до 25,0%. Данные статистического анализа не показали существенного влияния генотипа и календарных сроков проведения опытов на жизнеспособность и пост-криогенную регенерацию образцов.

В результате проведенных экспериментов, криоколлекция картофеля, сохраняемая в Криобанке ВИР, пополнилась 24 образцами – по 90 апексов каждого образца передано на длительное хранение. В настоящее время состав криоколлекции картофеля ВИР включает 104 образца: 58 сортов российской селекции, 12 сортов европейской селекции, 32 образца аборигенных южноамериканских сортов и единичные образцы гибридов и диких видов. Все образцы генотипированы, для 51 образца разработаны молекулярно-генетические паспорта.

УСТОЙЧИВОСТЬ ЛИСТЬЕВ И КЛУБНЕЙ К *PHYTOPHTHORA INFESTANS* У КЛОНОВ КАРТОФЕЛЯ, НЕСУЩИХ ГЕН *RB/RPI-BLB1*

Н.М. Зотеева¹, А.В. Хютти², О.С. Афанасенко², З.З. Евдокимова³, Т.А. Гавриленко¹

¹ Федеральный исследовательский центр Всероссийский институт генетических ресурсов растений имени Н.И. Вавилова, Санкт-Петербург, Россия, nzoteyeva@gmail.com

² Всероссийский научно-исследовательский институт защиты растений, Санкт-Петербург, Россия

³ Федеральный исследовательский центр картофеля имени А.Г. Лорха, Ленинградский научно-исследовательский институт сельского хозяйства «Белогорка» – филиал ФИЦ картофеля имени А.Г. Лорха, Ленинградская область, Россия

LEAF AND TUBER RESISTANCE TO *PHYTOPHTHORA INFESTANS* IN THE POTATO CLONES BEARING THE *RB/RPI-BLB1* GENE

N.M. Zoteyeva¹, A.V. Khiutti², O.S. Afanasenko², Z.Z. Evdokimova³, T.A. Gavrilenko¹

¹ N.I. Vavilov All-Russian Institute of Plant Genetic Resources, St. Petersburg, Russia, nzoteyeva@gmail.com

² All Russian Institute of Plant Protection, St. Petersburg, Russia

³ Russian Potato Research Center, Leningrad Research Agriculture Institute, branch of the RPRC, Leningrad Province, Russia

Фитофтороз картофеля, вызываемый оомицетом *Phytophthora infestans* (Mont.) de Bary, наносит наиболее существенный экономический ущерб при производстве картофеля. Многолетние исследования показали, что популяции северо-запада РФ и Ленинградской области в частности, представлены высоким генетическим разнообразием и характеризуются наличием обоих типов совместимости, обеспечивающим процесс полового воспроизведения возбудителя фитофтороза (Vedenyapina et al., 2002; Patrikeyeva et al., 2005; Zoteyeva, Patrikeyeva, 2010; Runno-Paurson et al., 2022). В этом регионе происходят большие потери урожая картофеля из-за частых эпифитотий фитофтороза.

В связи с утерей эффективности интрогрессированных генов устойчивости у сортов, выведенных с участием мексиканского вида *Solanum demissum* Lindl. (Joosten, 1988), усилия селекционеров концентрируются на интрогрессии в геном культурного картофеля *Rpi*-генов, детерминирующих устойчивость к широкому спектру рас патогена. На сегодняшний день внимание селекционеров фокусируется на устойчивости к фитофторозу листьев, однако устойчивость клубней является не менее важным фактором, играющим важную роль в сохранении урожая картофеля. В проведенном исследовании сравнивали устойчивость листьев и клубней у сортов и селекционных клонов, у которых ранее были выявлены внутригенные маркеры гена *RB/Rpi-blb1* устойчивости к широкому спектру рас *P. infestans*. Известно, что устойчивость клубней к патогену проявляется независимо от устойчивости листьев, однако исследования, проведенные в середине 1990-х, зафиксировали корреляцию между устойчивостью клубней и листьев к фитофторозу для определенных генов *Rpi* (Park et al., 2005; Bradshaw et al., 2006). Считается, что устойчивость листьев и клубней к фитофторозу обусловлена функцией одного и того же *R*-гена. Хотя ранее ген *RB* был описан только как отвечающий за устойчивость листьев (Haltermann et al., 2008). Данные других исследователей показали, что *RB* может придавать устойчивость также и клубням (Gao et al., 2013; Millett et al., 2015). Устойчивость одновременно листьев и клубней у генотипов, обладающих геном *RB*, установлена в исследовании L. Gao с соавторами (2016).

Нами проведена оценка устойчивости трех сортов ('Сударыня', 'Евразия', 'Сиверский' (=3602/28)) и двух селекционных клонов (1604/16, 1101/10), выведенных

в ЛенНИИСХ» Белогорка» с участием одного и того же межвидового гибрида с мексиканским видом *S. stoloniferum* Schlechtd. et Bché, у которых выявлены внутригенные маркеры гена *RB/Rpi-blb1* (Гавриленко и др., 2018; Antonova et al., 2018). Кроме того, в исследование были включены два клона многовидовых межвидовых гибридов, выведенных в ВИР (NZ-2016-№5-1 и NZ-2016-№6-1), также несущие маркеры *Rpi*-гена *RB/RPI-BLB1* (Зотеева и др., 2017). В изучении участвовали сорта ('Ломоносовский', 'Red Scarlett' и ряд сортов, использованных в качестве контрольных вариантов в фитопатологических тестах), не обладающие маркерами *Rpi*-генов. Оценка устойчивости проведена в двух независимых опытах с двумя повторностями с использованием изолята *P. infestans* с 8-ю генами вирулентности (1.2.3.4.6.7.10.11.).

Проанализированы данные по устойчивости листьев и клубней опытных сортов и селекционных клонов с детектированным маркером гена *RB/Rpi-blb1/Rpi-sto1* и с его отсутствием. При оценке устойчивости целых растений, отделенных долей листьев и клубней устойчивость проявили сорта 'Сиверский' и 'Сударыня', а также клон 1604/16. Клоны NZ-2016-№5-1 и NZ-2016-№6-1 с умеренной устойчивостью к фитофторозу имели близкие показатели устойчивости листьев и клубней. Из числа опытных образцов, обладающих геном *RB/Rpi-blb1*, высокую чувствительность к болезни проявили сорт 'Евразия' и клон 1101/10. Показатели устойчивости надземных и подземных органов растений у сорта 'Ломоносовский' и клона 7803/2 различались. Сорт 'Ломоносовский' проявлял высокую чувствительность ботвы при инокуляции целых растений и отделенных долей листьев, у него была найдена устойчивость клубней. Клон 7803/2 был умеренно устойчив при заражении целых растений и отделенных долей листьев, но имел чувствительные клубни.

Несмотря на то, что гены *Rpi* из *S. bulbocastanum* Dup. считаются генами устойчивости к широкому спектру рас *P. infestans*, как это показано и для *Rpi-blb1* (Song et al., 2003), среди сортов и селекционных клонов картофеля с выявленным маркером этого гена, встречались как устойчивые, так и чувствительные. Эффективность действия гена *RB/Rpi-blb1* может быть связана с содержанием разного количества копий функциональных аллелей гена *RB*. Корреляцию между числом транскриптов *RB* и уровнем *RB*-опосредованной устойчивости обнаружил J. Bradeen et al. (2009). Результирующая вариация уровней транскриптов гена *RB* может влиять на проявление органоспецифической устойчивости к болезни, ими сделано предположение об аналогичной корреляции и с устойчивостью клубней (Gao et al., 2013; Millett et al., 2015; Gao et al., 2016).

При рассмотрении данных, полученных в двух независимых опытах на большом объеме оцененного растительного материала, выявлена положительная связь между степенью устойчивости надземных и подземных органов растений у образцов с детектированным маркером гена *RB/Rpi-blb1*. У сорта 'Ломоносовский' и клона 7803/2, у которых маркер этого гена не обнаружен, такая связь отсутствует.

ОЦЕНКА КОЛЛЕКЦИОННЫХ СОРТОВ И МЕЖВИДОВЫХ ГИБРИДОВ КАРТОФЕЛЯ ПО ОСНОВНЫМ ХОЗЯЙСТВЕННО ЦЕННЫМ ПРИЗНАКАМ В УСЛОВИЯХ КАМЧАТСКОГО КРАЯ

А.Д. Иващенко, Т.П. Шерстюкова, О.И. Хасбиуллина

Камчатский научно-исследовательский институт сельского хозяйства, Камчатский край,
Россия, Khasbiullina@kamniish.ru

EVALUATION OF POTATO COLLECTION VARIETIES AND INTERSPECIFIC HYBRIDS ACCORDING TO MAIN AGRONOMICALLY VALUABLE TRAITS UNDER THE CONDITIONS OF KAMCHATKA TERRITORY

A.D. Ivashchenko, T.P. Sherstyukova, O.I. Khasbiullina

Kamchatka Research Institute of Agriculture, Kamchatka Territory, Russia,
Khasbiullina@kamniish.ru

Цель исследований выделить исходный материал по основным хозяйственно ценным признакам для использования их в селекционной работе при создании нового сорта на основе комплексного подхода, использующего методы классической и маркер-ассоциированной селекции. За 2019–2021 гг. было изучено с целью подбора исходного материала для гибридизации 90 сортов отечественной и зарубежной селекции. С 2020 года дана оценка 11 межвидовым гибридам, созданных в ФГБНУ «Федеральный исследовательский центр генетических ресурсов растений имени Н.И. Вавилова» с использованием ДНК-маркеров с *R*-генами к наиболее вредоносным патогенам, обладающим комплексом хозяйственно ценных признаков. В качестве стандарта используется ранний сорт Fresko (Нидерланды), районированный в Камчатском крае.

Выделено 34 сорта картофеля с высокой продуктивностью (710–1225 г/куст) и товарностью клубней (90–98%) по сравнению со стандартом Fresko – 695 г/куст и 88% соответственно. Высокой продуктивностью также отмечены межвидовые гибриды 117-2 (757г/куст) и 99-6-6 (722 г/куст). Высокая товарность (90–94%) свойственна межвидовым гибридам: 8-1-2004, 99-6-5, 135-3-2005, 135-3-2005, 8-3-2004, 8-5-2004. Сравнительная оценка по содержанию крахмала в клубнях картофеля показала, что у сортов этот показатель в условиях Камчатки находился в пределах от 8,6 до 17,9%. С высоким показателем крахмала (13,0–19,6%) выделилось 26 сортов и межвидовые гибриды: 8-1-2004, 94-5, 135-3-2005, 99-10-1, 135-5-2005, 8-3-2004, 8-5-2004. Полевую устойчивость к вирусным и грибным болезням, имели следующие сорта и межвидовые гибриды: 'Agata', 'Арктика', 'Al'vara', 'Алый местный', 'Varmas', 'Василёк', 'Гейзер', 'Камчатка', 'Колымский', 'Ирбитский', 'Mustang', 'Петербургский', 'Раннеспелый', 'Солнышко', 'Safo' и межвидовые гибриды 99-6-5, 135-5-2005, 8-3-2004, 8-5-2004. В результате оценки для использования в качестве исходного материала родительских форм с комплексом основных хозяйственно ценных признаков были выделены сорта и межвидовые гибриды, к ним относятся: 'Agata', 'Arizona', 'Al'vara', 'Арктика', 'Bellaroza', 'Василёк', 'Гейзер', 'Елизавета', 'Жуковский ранний', 'Ирбитский', 'Impala', 'Колымский', 'Камчатка', 'Latona', 'Lileya bellorusskaya', 'Метеор', 'Пензенская скороспелка', 'Петербургский', 'Provento', 'Raia', 'Раннеспелый', 'Red Skarlett', 'Солнышко', 'Сигнал', 'Фиеста', 'Чароит', 'Югана', 'Evolyushen'.

Включение в гибридизацию межвидовых гибридов с участием диких родичей картофеля, сочетающих множество селекционно-ценных признаков ведет к ускорению селекционного процесса, а также позволяет сопоставить потенциальную устойчивость растений с реальными проявлениями устойчивости в конкретных условиях. За 2019–2021 гг. в результате гибридизации было получено 129 ягод по 38 гибридным комбинациям, в которых одним из родителей является межвидовой гибрид, в родословной

имеющий дикорастущие южноамериканские виды *Solanum okadae*, *S. chacoense*, *S. alandiae*, передающие потомству гены устойчивости к вредным организмам. В 2020 году для питомника первого клубневого поколения было отобрано 520 одноклубневок по семи гибридным комбинациям, путем отбора для питомника второго клубневого поколения в 2021 году было отобрано 114 (21,8%) клонов по этим же гибридным комбинациям. В 2021 году для питомника первого поколения было отобрано 180 одноклубневок по 9 гибридным комбинациям. Полученный гибридный материал является предметом оценки в 2022 году комбинационной способности по основным качественным и количественным признакам во втором клубневом поколении.

The purpose of the research: to identify the source material for the main economically valuable traits for their use in breeding work when creating a new variety based on an integrated approach using the methods of classical and marker-associated breeding. For 2019–2021 was studied in order to select the source material for hybridization – 90 varieties of domestic and foreign selection. Since 2020, an assessment has been given to 11 interspecific hybrids created at the Federal State Budgetary Scientific Institution «Federal Research Center for Plant Genetic Resources. N.I. Vavilova» using DNA markers with R-genes for the most harmful pathogens with a complex of economically valuable traits. The early cv. ‘Fresko’ (Netherlands), zoned in the Kamchatka Territory, is used as a standard.

Identified 34 potato varieties with high productivity (710–1225 g/bush) and marketability of tubers (90–98%) compared to the standard ‘Fresko’ – 695 g/bush and 88% respectively. Interspecific hybrids 117-2 (757 g/bush) and 99-6-6 (722 g/bush) were also noted for high productivity. High marketability (90–94%) is characteristic of interspecific hybrids: 8-1-2004, 99-6-5, 135-3-2005, 135-3-2005, 8-3-2004, 8-5-2004. A comparative assessment of the starch content in potato tubers showed that in varieties this indicator in the conditions of Kamchatka ranged from 8.6 to 17.9%. 26 varieties and interspecific hybrids were identified as having high starch (13,0-19,6 %): 8-1-2004, 94-5, 135-3-2005, 99-10-1, 135-5-2005, 8-3-2004, 8-5-2004. The following varieties and interspecific hybrids had field resistance to viral and fungal diseases: ‘Agata’, ‘Arktika’, ‘Al’vara’, ‘Alyymestnyy’, ‘Varmas’, ‘Vasilyok’, ‘Geyser’, ‘Kamchatka’, ‘Kolymsky’, ‘Irbitsky’, ‘Mustang’, ‘Petersburg’, ‘Rannespelyy’, ‘Solnyshko’, ‘Safo’ and interspecific hybrids 99 -6-5, 135-5-2005, 8-3-2004, 8-5-2004. As a result of the assessment, varieties and interspecific hybrids were identified for use as a source material of parental forms with a complex of basic economically valuable traits, these include: ‘Agata’, ‘Arizona’, ‘Al’vara’, ‘Arctic’, ‘Bellaroza’, ‘Vasilek’, ‘Geyser’, ‘Elizavet’a’, ‘Zhukovsky ranniy’, ‘Irbitsky’, ‘Impala’, ‘Kolyma’, ‘Kamchatka’, ‘Laton’a’, ‘Lileya bellorusskaya’, ‘Meteor’, ‘Penzenskay askorospelka’, ‘Petersburg’, ‘Provento’, ‘Rannespelyy’, ‘Red Scarlet’t, ‘Solnyshko’, ‘Signal’, ‘Fiesta’, ‘Charoite’, ‘Yugana’, ‘Evolyushen’.

Inclusion in hybridization of interspecific hybrids with the participation of wild relatives of potatoes, combining many valuable breeding traits, leads to an acceleration of the breeding process, and also allows you to compare the potential resistance of plants with the actual manifestations of resistance in specific conditions. In 2019–2021, as a result of hybridization, 129 berries were obtained in 38 hybrid combinations, in which one of the parents is an interspecific hybrid, in the pedigree having wild South American species *Solanum okadae*, *S. chacoense*, *S. alandiae* transmitting to offspring genes for resistance to harmful organisms. In 2020, 520 single nodules were selected for the nursery of the first tuber generation in 7 hybrid combinations, by selection for the nursery of the second tuber generation in 2021, 114 (21.8%) clones were selected for the same hybrid combinations. In 2021, 180 single nodules were selected for the first generation nursery in 9 hybrid combinations. The resulting hybrid material is the subject of an assessment in 2022 of the combination ability according to the main qualitative and quantitative characteristics in the second tuber generation.

**МОЛЕКУЛЯРНЫЙ СКРИНИНГ ОТЕЧЕСТВЕННЫХ СОРТОВ КАРТОФЕЛЯ
С МАРКЕРАМИ ГЕНОВ, КОНТРОЛИРУЮЩИХ УСТОЙЧИВОСТЬ
К ПАТОТИПАМ PA2, PA3 *GLOBODERA PALLIDA* (WOLLENWEBER) BEHRENS**

**Н.С. Клименко¹, А.В. Хютти², О.С. Афанасенко²,
О.Ю. Антонова¹, Н.А. Оськина¹, Т.А. Гавриленко¹**

¹ Федеральный исследовательский центр Всероссийский институт генетических ресурсов растений имени Н.И. Вавилова, Санкт-Петербург, Россия, ns-klimenko@mail.ru

² Всероссийский научно-исследовательский институт защиты растений, Санкт-Петербург, Россия

**MOLECULAR SCREENING OF RUSSIAN POTATO VARIETIES WITH MARKERS
OF GENES CONTROLLING RESISTANCE TO PATHOTYPES PA2 AND PA3
OF *GLOBODERA PALLIDA* (WOLLENWEBER) BEHRENS**

**N.S. Klimenko¹, A.V. Khiutti², O.S. Afanasenko²,
O.Yu. Antonova¹, N.A. Oskina¹, T.A. Gavrilenko¹**

¹ N.I. Vavilov All-Russian Institute of Plant Genetic Resources, St. Petersburg, Russia, ns-klimenko@mail.ru

² All Russian Institute of Plant Protection, St. Petersburg, Russia

Цистообразующие картофельные нематоды являются причиной около 9% ежегодных потерь урожая картофеля (Turner, Subbotin, 2013). Бледная картофельная нематода (БКН) – *Globodera pallida* – в России не выявлена, однако присутствует в ряде европейских стран, в том числе граничащих с РФ (Норвегия, Финляндия, Эстония; EPPO Global). У картофеля идентифицированы два гена (*Gpa2*, *H2*) и несколько QTLs, контролирующие устойчивость к патотипам Pa2, Pa3 *Globodera pallida* (бледная цистообразующая картофельная нематода, БКН). Отбор устойчивых к БКН генотипов с использованием ДНК-маркеров осложняется полигенным характером генетического контроля устойчивости к *G. pallida*.

Маркер *Gpa2*-2 гена *Gpa2* – один из наиболее часто используемых маркеров генов и QTLs, вовлеченных в контроль устойчивости к БКН. Мы провели скрининг 202 отечественных сортов с помощью маркера *Gpa2*-2 (Asano et al., 2012), который был обнаружен у 29 (14%) сортов. Однако оценить диагностическую эффективность маркера *Gpa2*-2 на этом этапе не представлялось возможным из-за неизвестной группы устойчивости сортов к патотипам Pa2, Pa3 *G. pallida*, поскольку этот вредный организм является объектом внешнего карантина в РФ.

Впоследствии у нас появилась возможность оценить эффективность маркеров, ассоциированных с генами и QTLs, вовлеченными в контроль устойчивости к *G. pallida*, на отечественных сортах. Согласно результатам фитопатологического анализа 16 отечественных и 5 зарубежных сортов, проведенного в ВИЗР, были отобраны сорта ‘Даная’ и ‘Вымпел’, устойчивые к патотипу Pa3 БКН. Эти результаты были сопоставлены с данными молекулярного скрининга, который мы провели с использованием отобранных из литературы 12 ДНК-маркеров пяти локусов (*Gpa2*, *Grp1_QTL*, *GpaV^{spl}_QTL*, *GpaV^{vrn}_QTL*, *GpaIV^{adg}_QTL*), вовлеченных в контроль устойчивости к патотипам Pa2, Pa3 *G. pallida*.

Ни один из 12 использованных в скрининге маркеров не показал значимой ассоциации ($p < 0,05$) результатов молекулярного скрининга и фенотипизации при использовании точного теста Фишера. При этом каждый из маркеров (кроме HC-I/Hind III и C237-I) был детектирован у тех или иных восприимчивых сортов. В то же время, комбинация пяти маркеров (*Gpa2*-1/*Gpa2*-2, 77R/HaeIII, GP34/TaqI – 520 п.н. (*Gpa2*), TG432/RsaI, GP21/DraI (*Grp1_QTL*)) была обнаружена только у двух устойчивых сортов

выборки ('Даная' и 'Вымпел') и отсутствовала у всех восприимчивых сортов. В настоящее время мы расширяем экспериментальную выборку для верификации выявленного гаплотипа.

Отметим, что два российских сорта – 'Даная' и 'Вымпел', устойчивые к патотипу Pa3 *G. pallida*, были также устойчивы и к патотипам Ro1 и Ro5 *Globodera rostochiensis* (золотистая цистообразующая картофельная нематода) согласно данным фитопатологических тестов. Данные молекулярного скрининга этих сортов подтвердили пирамидирование генов, контролирующих устойчивость к двум разным видам цистообразующих картофельных нематод.

РОЛЬ ДИКИХ И КУЛЬТУРНЫХ ВИДОВ КАРТОФЕЛЯ В ДОСТИЖЕНИЯХ МИРОВОЙ СЕЛЕКЦИИ

Л.И. Костина, Н.А. Чалая, О.С. Косарева

Федеральный исследовательский центр Всероссийский институт генетических ресурсов растений имени Н.И. Вавилова, Санкт-Петербург, Россия, kostina@vir.nw.ru

VALUE OF WILD AND CULTIVATED POTATO SPECIES FOR BREEDING

L.I. Kostina, N.A. Chalaya, O.S. Kosareva

N.I. Vavilov All-Russian Institute of Plant Genetic Resources, St. Petersburg, Russia,
kostina@vir.nw.ru

Тезисы представлены в виде Приложения к монографии «Генеалогия сортов картофеля мирового сортимента». Приложение включает 340 сортов межвидовых гибридов с дикими видами картофеля.

Анализ родословной сортов показывает, что в селекцию широко вовлекались дикие виды картофеля: *Solanum acaule* Bitt. – использован при выведении 58 сортов ('Alaska Frostless', 'Anett', 'Assia', 'Barbara', 'Bzura', 'Fanal', 'Leander', 'Norchip', 'Nordlicht', 'Saphir', 'Tempora' и др.); *S. chacoense* Bitt. – 32 сорта ('Allagash Russet', 'Atlantic', 'Belchip', 'Chipbell', 'Lenape', 'Simcoe', 'Брянский деликатес', 'Новатор', 'Пересвет', 'Сюрприз' и др.); *S. leptostigma* Juz. – 7 сортов ('Екатерининский', 'Зарево', 'Смачный', 'Перлина', 'Полесский розовый' и др.); *S. maglia* Schlecht. – 8 сортов ('Caribe', 'Cascade', 'Centennial Russet', 'Crystal', 'Dakchip', 'Астра' и др.); *S. × semidemissum* Juz. – сорта: 'Исток', 'Козинецкий', 'Надежда', 'Столовый 233', 'Тонколистный ранний'; *S. spagazzinii* Bitt. – 13 сортов ('Barbara', 'Esta', 'Forelle', 'Franzi', 'Heidrun', 'Hilta', 'Miranda', 'Solara', 'Wega' и др.); *S. stoloniferum* Schlecht. – 88 сортов ('Aguti', 'Assia', 'Bobr', 'Bzura', 'Ceres', 'Erntestolz', 'Heidrun', 'Natali', 'Sante', 'Ute', 'Алый парус', 'Брянский ранний', 'Вдохновение', 'Гусар', 'Даная', 'Жаворонок', 'Загадка Питера', 'Лига', 'Наяда', 'Оредежский', 'Снегирь', 'Чернский' и др.); *S. vernei* Bitt. et Wittm. – 54 сорта ('Amalfy', 'Amethyst', 'Amigo', 'Astarte', 'Aula', 'Benol', 'Culpa', 'Darwina', 'Elkana', 'Fox', 'Hydra', 'Kero', 'Mara', 'Morene', 'Nordlicht', 'Pansta', 'Producent', 'Proton' и др.); *S. demissum* Lindl. входит в родословную большого числа сортов. Некоторые виды входят в родословные единичных сортов: *S. berthaultii* Hawk. ('Скороспелка Питера', 'Чароит'), *S. boyacense* Juz. et Buk. ('Хибинский двуурожайный', 'Хибины 3'), *S. bulbocastanum* Dun., *S. commersonii* Dun., *S. fendleri* A. Gray, *S. kurtzianum* Bitt. et Wittm. ('Conestoga', 'Нарочь', 'Орбита'), *S. megistacrolobum* Bitt., *S. microdontum* Bitt., *S. polytrichon* Rydb. ('Очарование', 'Пушкинец') и *S. vallis-mexci* Juz. ('Богатырь', 'Гибридный 14', 'Пушкинский') и др.

Использование в селекции культурных видов картофеля.

Потомство вида *S. andigenum* Juz. et Buk. насчитывает более 800 сортов. Родословная старого сорта 'Cuzco' (сеянец перуанского сорта, относящегося к *S. andigenum*) насчитывает более 200 сортов. Сорт 'Early Goodrich' (сеянец сорта 'Cuzco') был широко вовлечен в селекцию, с ним были выведены сорта широко распространенные в бывшем СССР: 'Лорх', 'Корневский', 'Лошицкий', 'Валге', 'Вырыпаевский', 'Таежный ранний', 'Уральский', 'Янтарный' и др. Широко использованы в селекции нематодоустойчивых сортов образцы *S. andigenum* 1673-20 (выведены сорта 'Alcmaria', 'Amaryl', 'Aminca', 'Intenso' и др.); 1673-1 ('Antinema', 'Saturna'); клон Loman M 54-106-1 ('Amigo', 'Prevalent', 'Provita', 'Simson'); клон 54.3/14/34 использован при выведении первых нематодоустойчивых сортов 'Sagitta' и 'Spekula', на основе которых выведен ряд устойчивых к нематод сорта, в том числе отечественных. В 1932 г. H. Rathlef сделал попытку провести генеалогический анализ сортов. По происхождению он разделил селекционные сорта картофеля на семь больших

групп. Вторая группа – старая континентально-европейская, ведущая начало от испанских интродукций 1580–1600 гг., могла возникнуть путем естественного отбора из семян перуанского *S. andigenum*, пятая группа – семья Fransche (113 сортов), с сильно рассеченными листьями и интенсивной антоциановой окраской, сходна с перуанскими сортами, седьмая группа – рожковая (с роговидными клубнями) очень старая и обособленная, с фертильными сортами, с сильно рассеченными листьями также имеет общие признаки с перуанскими сортами. Сорт ‘Erste von Nassengrund’ выведен на основе перуанского семени *S. andigenum*. Потомство этого сорта насчитывает 937 сортов. Учитывая все изложенное, вклад культурного вида *S. andigenum* в создание сортового разнообразия был значительный – более 2000 сортов. *S. curtilobum* Juz. et Buk. использован при выведении сортов: ‘Татьянка’, ‘Фирменный’, ‘Янтарный’. *S. rybinii* Juz et Buk. – сортов: ‘Agria’, ‘Bake King’, ‘Mary Queen’, ‘Mc. Intosh’, ‘Pentland Beauty’, ‘Акжар’. *S. phureja* Juz. et Buk. использован при выведении 44 сортов: ‘Cariboo’, ‘Krostar’, ‘Lady Claire’, ‘Procura’, ‘Алый парус’, ‘Даная’, ‘Лига’, ‘Наяда’, ‘Чародей’ и др.

Работа выполнена в рамках государственного задания согласно тематическому плану ВИАР по теме № 0481-2022-0004 «Совершенствование подходов и методов *ex situ* сохранения идентифицированного генофонда вегетативно размножаемых культур и их диких родичей, разработка технологий их эффективного использования в селекции».

АНАЛИЗ ИЗМЕНЕНИЯ ЭКСПРЕССИИ ГЕНОВ ДЕГРАДАЦИИ КРАХМАЛА ПРИ ДЛИТЕЛЬНОМ НИЗКОТЕМПЕРАТУРНОМ ХРАНЕНИИ КЛУБНЕЙ КАРТОФЕЛЯ

А.В. Кулакова*, А.В. Щенникова, Е.З. Кочиева

Федеральный исследовательский центр «Фундаментальные основы биотехнологии» РАН,
Институт биоинженерии, Москва, Россия, *kulakova_97@mail.ru

ANALYSIS OF CHANGES IN THE EXPRESSION OF STARCH DEGRADATION GENES DURING LONG-TERM LOW-TEMPERATURE STORAGE OF POTATO TUBERS

A.V. Kulakova*, A.V. Shchennikova, E.Z. Kochieva

Federal Research Centre “Fundamentals of Biotechnology” of the Russian Academy of Sciences,
Institute of Bioengineering, Moscow, Russia, *kulakova_97@mail.ru

При низкой температуре (2–4°C) клубни картофеля (*Solanum tuberosum*) находятся в состоянии физиологического покоя. Пониженная температура активизирует защитную реакцию клубней, что приводит к распаду крахмала и накоплению редуцирующих сахаров, запуская процесс холодового осахаривания, изменяющий товарные характеристики клубней, ухудшая их питательные качества. Дегградация крахмала в клубнях опосредуется альфа- и бета-амилазами (*StAMY*, *StBAM*), активность которых посттрансляционно регулируется ингибитором (*StAI*).

В данном исследовании проведен сравнительный анализ изменения содержания крахмала и редуцирующих сахаров в процессе длительного низкотемпературного хранения клубней в картофелехранилище (+3°C, сентябрь–апрель) пяти сортов картофеля (‘Надежда’, ‘Барин’, ‘Красавчик’, ‘Утро’ и ‘Северное сияние’), различающихся содержанием крахмала и предрасположенностью к холодовому осахариванию, а также определение динамики экспрессии генов β -амилаз (*StBAM1*, *StBAM9*) и ингибитора амилаз (*StAI*).

Анализ изменения профиля экспрессии генов β -амилаз и их ингибитора в процессе длительного низкотемпературного хранения клубней выявил снижение уровня транскрипции для всех анализируемых сортов. При этом наблюдался сходный паттерн транскрипции генов β -амилаз: снижение экспрессии в конце срока хранения по сравнению со временем закладки клубней в картофелехранилище в сентябре. Наибольшее снижение экспрессии было показано для гена *StBAM1*. Транскрипция гена *StBAM1* значительно снижается в апреле по сравнению с сентябрем (наиболее выражено у сортов ‘Красавчик’ и ‘Утро’). При этом различия между февральским и апрельским значениями не столь существенны: уровень экспрессии гена продолжает незначительно снижаться или не меняется. Аналогичная тенденция наблюдалась для гена *StBAM9*, но снижение экспрессии было не столь резким. Сходная динамика была показана и для гена ингибитора амилаз *StAI*. Экспрессия *StAI* резко падает в апреле по сравнению с сентябрем в клубнях сортов ‘Северное сияние’, ‘Барин’ и ‘Утро’. В клубнях сортов ‘Надежда’ и ‘Красавчик’ уровень транскрипции *StAI* снижается плавно.

Для определения возможных корреляций уровней экспрессии генов β -амилаз и ингибитора амилаз с содержанием крахмала и редуцирующих сахаров в тех же тканях клубней был проведен биохимический анализ профиля содержания крахмала, глюкозы и фруктозы в динамике длительного низкотемпературного хранения. Было показано, что с сентября по апрель содержание крахмала снижается в разной степени в клубнях всех сортов, в то время как содержание редуцирующих сахаров (глюкоза, фруктоза) растет в клубнях сортов ‘Надежда’ и ‘Утро’. Для сортов ‘Красавчик’, ‘Барин’ и ‘Северное Сияние’ характерно повышение содержания редуцирующих сахаров с сентября

по февраль, тогда как в апреле их содержание не меняется в сравнении с февралем (сорт 'Красавчик') или значительно снижается (сорты 'Барин', 'Северное Сияние').

Было показано, что генная активность *StBAM1* и *StBAM9* коррелирует с количеством крахмала (положительно) и моносахаридов (отрицательно). А уровень экспрессии *StAI*, в свою очередь, находится в прямой зависимости от уровня экспрессии *StBAM1*. При этом зависимость между степенью предрасположенности сорта к холодовому осахариванию и профилем экспрессии генов *StBAM1*, *StBAM9* и *StAI* отсутствует.

СОСТАВ БИОЛОГИЧЕСКИ АКТИВНЫХ ВЕЩЕСТВ ТОПИНАМБУРА (*HELIANTHUS TUBEROSUS* L., ASTERACEAE)

Н.В. Лебедева^{1*}, А.Е. Соловьева¹, А.В. Любченко¹, Г.И. Дубенская², А.Л. Минеев²

¹ Федеральный исследовательский центр Всероссийский институт генетических ресурсов растений имени Н.И. Вавилова, Санкт-Петербург, Россия, *n.lebedeva@vir.nw.ru

² Санкт-Петербургский государственный химико-фармацевтический университет, Санкт-Петербург, Россия

COMPOSITION OF BIOACTIVE COMPOUNDS IN JERUSALEM ARTICHOKE (*HELIANTHUS TUBEROSUS* L., ASTERACEAE)

N.V. Lebedeva^{1*}, A.E. Solovyeva¹, A.V. Lyubchenko¹, G.I. Dubenskaya², A.L. Mineev²

¹ N.I. Vavilov All-Russian Institute of Plant Genetic Resources, St. Petersburg, Russia, *n.lebedeva@vir.nw.ru

² St. Petersburg State Chemical Pharmaceutical University, St. Petersburg, Russia

К числу перспективных направлений развития сельского хозяйства России относится возделывание и переработка новых или нетрадиционных культур, имеющих потенциал широкого использования в нескольких отраслях народного хозяйства. Одной из таких культур является топинамбур. Это ценное высокопродуктивное растение многостороннего использования, имеющее большое значение в жизнеобеспечении человека, благодаря биологически активным веществам, которые определяют и повышают уровень здоровья, уровень сопротивляемости организма и закладывают основы для активного долголетия. Богатый состав биологически активных веществ топинамбура делает его значимой культурой в кормопроизводстве, в диетическом питании, в разработке высокоэффективных лечебно-профилактических средств, для технической переработки (спирт, фруктоза). К биологически активным веществам клубней растения, прежде всего, относят инулин, а также аскорбиновую кислоту (витамин С), пигменты (хлорофиллы, каротиноиды, антоцианы), фенольные соединения и другие.

Целью данной работы была сравнительная оценка образцов топинамбура из коллекции ВИР с различной окраской клубней по биохимическому составу: содержанию инулина, аскорбиновой кислоты, пигментов (хлорофиллов, каротиноидов и бета-каротина), антоцианов.

Объектом исследования послужили 19 образцов топинамбура из коллекции ВИР, поддерживаемой на Майкопской опытной станции – филиале ВИР (российский Кавказ, республика Адыгея, окрестности г. Майкоп). В основе подбора материала для исследований были взяты образцы с разнообразной окраской кожуры клубней.

Содержание биологически активных веществ исследовали в объединенной выборке клубней, в двукратной повторности. Количество инулина определяли по методу Бертрана, в % на сухое вещество, аскорбиновой кислоты – методом прямого извлечения из растений 1-процентной соляной кислотой, с последующим титрованием с помощью 2,6-дихлориндофинола, в мг/100 г сырого вещества. Каротиноиды и хлорофиллы были выделены с помощью ацетона, и их абсорбция была измерена на спектрофотометре при различных длинах волн, суммарное содержание каротинов определяли методом бумажной хроматографии, в мг/100 г сырого вещества. Антоцианы – экстракцией антоцианового комплекса раствором 1-процентной соляной кислоты, с последующим спектрофотометрированием при длине волны 510 нм, в пересчете на цианидин-3,5-дигликозид (453), в мг/100 г сухого вещества; для внесения поправки на содержание зеленых пигментов одновременно определяли оптическую плотность полученных экстрактов при 657 нм.

В ходе работы нами были отмечены значительные различия по содержанию изученных веществ в образцах топинамбура.

Клубни топинамбура содержат углеводный комплекс на основе фруктозы и ее полимеров. Преобладающим и наиболее ценным углеводным компонентом является инулин, в нашем изучении диапазон его изменчивости варьировал от 10,23 до 78,39%, в среднем 51,85%. Максимальное количество инулина содержали сорта 'Торіанка' (76,68%), 'Белый урожайный' (67,73%), и 'Австралийский' (65,45%).

Аскорбиновая кислота – важнейший представитель антиоксидантов, однако в клубнях топинамбура нами было отмечено незначительное ее количество – от 10 до 18 мг/100 г, в среднем 14,16 мг/100 г. Наиболее высокое содержание аскорбиновой кислоты отмечалось в образце 33-35 (18 мг/100 г), сортах 'Находка' (17 мг/100 г); 'Омский белый' (17 мг/100 г).

Для топинамбура характерно низкое содержание пигментов, которые, в основном, находятся в кожуре клубней. Суммарное содержание хлорофиллов *a* и *b* колебалось от следовых количеств до 0,462 мг/100 г, в среднем 0,120; каротиноидов – от 0,061 до 0,290 мг/100 г, в среднем 0,159; β -каротина – от 0,013 до 0,055 мг/100 г, в среднем 0,032. Максимальное количество хлорофиллов наблюдалось в сортах: 'Белый урожайный' (0,462 мг/100 г), 'Progress' (0,360 мг/100 г), 'Тамбовский красный' (0,207 мг/100 г); каротиноидов – 'American' (0,290 мг/100 г), 'Progress' (0,262 мг/100 г), 'Находка' (0,224 мг/100 г); β -каротина больше всего представлено в образцах: 'American' (0,055 мг/100 г), 'Горно-Алтайский' (0,047 мг/100 г), 'Венгерский' (0,042 мг/100 г).

Сравнительное изучение окрашенных клубней топинамбура определило существенные различия в содержании антоцианов. Диапазон изменчивости данного признака варьировал от следовых количеств до 8,95 мг/100 г, в среднем 3,19. Максимальное накопление антоцианов было отмечено в образцах 2051 (8,95 мг/100 г), 33-35 (7,83 мг/100 г) и сорте 'Киевский белый' (6,70 мг/100 г).

Изучение биологически активных веществ в клубнях топинамбура показало высокую вариабельность исследованных образцов, что свидетельствует о возможности широкого его использования в решении ряда продовольственных, фармацевтических, экологических проблем и вопросов кормопроизводства. Неприхотливость культуры, устойчивость к вредителям и многофункциональность делает топинамбур перспективным для дальнейшего изучения образцов по биохимическому составу.

Исследование выполнено при финансовой поддержке проекта Министерства образования и науки России «Национальная сетевая коллекция генетических ресурсов растений для эффективного научно-технологического развития РФ в сфере генетических технологий» по соглашению № 075-15-2021-1050 от 28.09.2021 г.

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ МЕТОДИКИ СЕЛЕКЦИИ КАРТОФЕЛЯ НА УСТОЙЧИВОСТЬ К КОЛОРАДСКОМУ ЖУКУ (*LEPTINOTARSA DECEMLINEATA* SAY)

И.С. Марданшин

Уфимский федеральный исследовательский центр Российской академии наук,
Башкирский научно-исследовательский институт сельского хозяйства – обособленное
структурное подразделение УФИЦ РАН, Уфа, Россия, ildar.mardanshin1966@yandex.ru

IMPROVEMENT OF THE METHOD OF POTATO BREEDING FOR RESISTANCE TO THE COLORADO POTATO BEETLE (*LEPTINOTARSA DECEMLINEATA* SAY)

I.S. Mardanshin

Ufa Federal Research Center of the Russian Academy of Sciences, Bashkir Research Institute of
Agriculture, subdivision of the UFRS RAS, Ufa, Russia, ildar.mardanshin1966@yandex.ru

Серьезной проблемой для картофелеводства страны по-прежнему остается колорадский картофельный жук (*Leptinotarsa decemlineata* Say). Данный вредитель быстро приспосабливается к широко применяемым инсектицидам, потери могут достигать до половины урожая. Широкое распространение этого насекомого-вредителя при возделывании картофеля предусматривает обязательное применение инсектицидов, которое вызывает загрязнение окружающей среды и критически снижает уровень биологической безопасности конечного продукта.

При наличии высокого уровня резистентности колорадского жука к большинству инсектицидов, создание высокоустойчивых сортов, способных обеспечивать урожай клубней хорошего качества при минимальном уровне химической защиты является фактически единственным экономически целесообразным способом стабилизации картофельных агроценозов. Традиционный подход в селекционной работе по выведению сортов картофеля устойчивых к колорадскому жуку предусматривает использование в скрещиваниях диких видов картофеля *Solanum demissum*, *S. chacoense*, *S. commersonii* и др. При этом устойчивость селекционных гибридов картофеля в данных комбинациях обуславливается главным образом наличием в листьях гликоалколоидов. На этой основе созданы сорта картофеля, характеризующиеся относительной устойчивостью на уровне 6–8 баллов, однако, данный тип устойчивости преодолевается вредителем, поэтому для контроля численности насекомых требуется применение инсектицидов. В этой связи для создания малоповреждаемых колорадским жуком сортов картофеля необходим поиск новых источников устойчивости и совершенствования методики ее оценки на ранних этапах изучения селекционного материала.

Нами впервые в условиях Предуральской лесостепной зоны на большой выборке сортового и гибридного материала картофеля установлена тесная корреляционная зависимость наличия фенотипического признака СВЧ-реакции листовой пластинки на размещение кладки колорадского жука с устойчивостью генотипов картофеля к колорадскому жуку. Интенсивное развитие СВЧ реакции листовой пластинки на размещение кладок яиц фитофага в течение 2-3 дней критически снижает уровень выживаемости потомства вредителя и заселенности им растений. Установлено, что СВЧ-реакция листовой пластинки на размещение кладки вредителя повышает эмбриональную и постэмбриональную смертность его личинок и снижает потери урожайности растений картофеля от жизнедеятельности фитофага.

В ходе проведения исследований с поверхности яиц колорадского жука физически был выделен эффектор, вызывающий на чувствительных растениях СВЧ-реакцию в виде некроза листовой ткани в месте прикрепления кладки. Наличие данного свойства у эффектора было подтверждено в полевом опыте с использованием 48 различных сортов

картофеля. Нанесение эффектора на листовую пластинку вызывало примерно такую же реакцию, как и откладка яиц фитофагом. В тоже время, при визуальной оценке реакция чувствительных растений на натуральные кладки была более выражена, чем на нанесение раствора эффектора. Нечувствительные растения не реагировали ни на кладки, ни на нанесение эффектора. Использование раствора эффектора, вызывающего СВЧ-реакцию на кладки колорадского жука, позволяет исключить из процесса оценки самих насекомых.

Для совершенствования методики отбора гибридов с относительной устойчивостью к колорадскому жуку предложено использовать фактор защитного барьера растений, основанного на СВЧ-реакции листовой пластинки на кладки насекомого-вредителя. На этой основе разработан метод оценки и отбора в полевых условиях устойчивых к колорадскому жуку гибридов картофеля, позволяющий выделять генотипы, сочетающие комплекс хозяйственно ценных признаков с устойчивостью к вредителю на ранних этапах селекционного процесса. На данный способ получен патент.

На основе использования полученной компетенции были созданы сорта картофеля 'Башкирский' (2007), 'Бурновский' (2014), передан на испытание новый сорт картофеля 'Солдатик' (2019).

ВЛИЯНИЕ РЕДАКТИРОВАННОЙ ПЛАСТИДНОЙ КРАХМАЛФОСФОРИЛАЗЫ PHO1a НА РАЗВИТИЕ И СТРЕССОВЫЙ ОТВЕТ РАСТЕНИЙ КАРТОФЕЛЯ

А.В. Нежданова, А.М. Камионская, А.В. Щенникова, Е.З. Кочиева

Федеральный исследовательский центр «Фундаментальные основы биотехнологии» РАН,
Москва, Россия, kochieva@biengi.ac.ru

EFFECT OF THE EDITED PLASTID STARCH PHOSPHORILASE PHO1a ON THE DEVELOPMENT AND STRESS RESPONSE OF POTATO PLANTS

A.V. Nezhdanova, A.M. Kamionskaya, A.V. Shchennikova, E.Z. Kochieva

Federal Research Centre “Fundamentals of Biotechnology” of the Russian Academy of Sciences,
Moscow, Russia, kochieva@biengi.ac.ru

PHO1 является пластид-специфическим ферментом, представляющим собой основную функциональную фосфорилазу крахмала, ответственную за 96% общей активности фосфорилазы в растительных клетках. Помимо роли в распаде крахмала, PHO1 участвует в инициации биосинтеза крахмала, в том числе в клубнях картофеля. Предполагается, что в качестве ключевого фермента метаболизма крахмала PHO1 также участвует в регуляции реакции картофеля на холододовый стресс.

В данной работе система CRISPR/Cas9 была использована для редактирования гена *PHO1a* у четырех сортов картофеля (*Solanum tuberosum* L.) CRISPR/Cas9-редактирование привело к введению радикальной мутации G261V в функциональный домен PHO1a. В результате было получено 39 независимых мутантных линий. В сравнении с контролем (исходными образцами сортов) мутантные линии характеризовались измененной морфологией с усиленным образованием корней и побегов.

В корнях и листьях исходных сортов и выбранных отредактированных линий было определено содержание крахмала при нормальных условиях роста и в ответ на холододовый стресс (3 дня при +4°C). Воздействие низких температур по-разному влияло на содержание крахмала у отредактированных растений. Существенные различия в содержании крахмала в листьях наблюдались у линий сорта ‘Люкс’ и отдельных линий остальных сортов, как при нормальных условиях, так и при воздействии низкой температуры. В корнях наблюдались более существенные различия с контролем у всех сортов, за некоторыми исключениями, что предполагает большее участие фермента PHO1a в метаболизме крахмала в корнях и клубнях по сравнению с листьями.

В тех же тканях была изучена экспрессия генов распада крахмала (β -амилазы *StBAM1*, *StBAM9* и ингибитор амилаз *StAI*) у сортов и отредактированных растений. Существенные различия в экспрессии генов наблюдались почти в половине полученных линий в сравнении с исходным сортом. В корнях паттерн экспрессии генов значительно отличался от паттерна, наблюдаемого в листьях, что снова подчеркивает большую значимость PHO1a для развития корней по сравнению с листьями.

Полученные данные позволяют предположить, что мутация G261V вызывает изменения функциональной активности PHO1a, которые, в свою очередь, влияют на скоординированную работу ферментов катаболизма крахмала как в нормальных условиях, так и в условиях холододового стресса. Полученные результаты позволяют сделать вывод о критической регулирующей роли PHO1a в метаболизме крахмала, развитии корней и побегов, а также в реакции на стресс у картофеля.

ИЗУЧЕНИЕ КЛОНОВ МЕЖВИДОВЫХ ГИБРИДОВ КАРТОФЕЛЯ ВИР КАК БИОЛОГИЧЕСКОГО РЕСУРСА СЕЛЕКЦИОННОГО ЗНАЧЕНИЯ ПРИ ВОЗДЕЛЫВАНИИ В СУРОВЫХ УСЛОВИЯХ ГОРНОГО АЛТАЯ

Н.А. Окашева¹, Т.А. Стрельцова^{1*}, Е.В. Рогозина^{2}**

¹ Горно-Алтайский государственный университет, Горно-Алтайск, Россия,
*tomagorny@yandex.ru

² Федеральный исследовательский центр Всероссийский институт генетических ресурсов растений им. Н.И. Вавилова, Санкт-Петербург, Россия, **rogozinaelena@gmail.com

STUDY OF INTERSPECIES POTATO HYBRID CLONES FROM VIR AS A BIOLOGICAL RESOURCE SIGNIFICANT FOR PLANT BREEDING DURING CULTIVATION UNDER HARSH CONDITIONS OF THE ALTAI MOUNTAINS

N.A. Okasheva¹, T.A. Streltsova¹, E.V. Rogozina²

¹ Gorno-Altai State University, Gorno-Altai, Russia, *tomagorny@yandex.ru

² N.I. Vavilov Research Institute of Plant Genetic Resources, St. Petersburg, Russia,
**rogozinaelena@gmail.com

Проблема сохранения и устойчивого использования генетических ресурсов растений в экстремальных условиях Горного Алтая приобретает большую актуальность. Неблагоприятные биотические и абиотические факторы среды, интенсивность действия которых постоянно нарастает, подавляют продуктивность, рост и развитие генотипов картофеля. В связи с этим изучение экологической оценки и биоресурсного потенциала межвидовых гибридов картофеля ВИР в Республике Алтай становится одной из важных задач для селекции.

Исходя из этого, с 2009-го года в Горно-Алтайском госуниверситете успешно проводятся испытания 13 гибридов из генофонда ВИР (автор гибридов Е.В. Рогозина). Коллекция была испытана согласно стандартным «Методическим указаниям по экологическому сортоиспытанию картофеля» (1982) в *низкогорье* (на тяжелом луговом оподзоленном черноземе, полигон Кызыл-Озёк, 2009–2011 гг. и горном луговом щебнистом оподзоленном черноземе, Карагуж, 2012–2014 гг.) с целью изучения хозяйственно ценных показателей межвидовых гибридов картофеля, а также их адаптационной способности в *среднегорье* (на выщелоченных бурых лесных почвах, полигон Шебалино 2015–2018 гг. и Агробиостанция ГАГУ 2019–2022 гг.), в *высокогорье* (полигон Усть-Кокса, 2021–2022 гг., где в отличие от других полигонов республики в более контрастной форме сочетаются межгорные котловины, ледники и снежники высочайшей точки Алтая – горы Белухи). Полевые и лабораторные исследования проводились с использованием методических указаний, метеоусловия в годы испытаний резко отличались по температурному и водному режиму.

Таким образом, дикие и культурные виды картофеля, впервые открытые, как источники ценных признаков учеными ВИР, и сейчас составляют основной генофонд для селекции этой культуры на устойчивость к болезням и вредителям, климатическим стрессам.

Испытание клонов межвидовых гибридов картофеля в разных пунктах выявило существенные различия между ними по характеру выраженности признака устойчивости к болезням, в зависимости от агроклиматических условий.

По результатам испытания выделены перспективные образцы межвидовых гибридов для суровых условий Горного Алтая с высокой адаптивной способностью, представляющие ценность для селекционных целей:

1. Удалось установить, что межвидовые гибриды 97-162-2, 122-129, 99-6-5 обладают высокой продуктивностью, наибольшая продуктивность у испытуемых

гибридов картофеля была отмечена в условиях среднегорья, она обусловлена оптимальными экологическими условиями для реализации генотипов, наименьшая – в экстремальных условиях высокогорья в годы испытаний.

2. По усредненным данным гибриды сформировали высокие кусты тоже в среднегорье это клоны – 99-10-1, 99-6-5, 99-6-6, в связи с климатическими особенностями низкие растения наблюдались в среднегорье у клона 52-8;

3. По количеству стеблей данные были изменчивыми, но стабильные 5,6 стеблей на куст сформировали гибриды 97-162-2, 99-6-5;

4. В целом все изученные межвидовые гибриды были здоровы в высокогорье, а в среднегорье поражаемость клубней фитофторозом – единична (0.48-2.77%), выявлены устойчивые гибриды к фитофторозу – 52-8, 159-3, 97-80-1, 99-6-5, отмечен небольшой процент поражаемости паршой, тем не менее, выделены гибриды устойчивые к парше – 88-2, 99-6-6, 97-162-2, 99-6-5.

**МОЛЕКУЛЯРНЫЙ СКРИНИНГ ОБРАЗЦОВ
SOLANUM ANDIGENUM JUZ. ET BUK.
С МАРКЕРАМИ ГЕНОВ УСТОЙЧИВОСТИ К ЦИСТООБРАЗУЮЩИМ
КАРТОФЕЛЬНЫМ НЕМАТОДАМ**

Н.А. Оськина¹, С.Н. Травина², Т.А. Гавриленко¹

¹ Федеральный исследовательский центр Всероссийский институт генетических ресурсов растений имени Н.И. Вавилова, Санкт-Петербург, Россия, n.fomina@vir.nw.ru

² Федеральный исследовательский центр Всероссийский институт генетических ресурсов растений имени Н.И. Вавилова, Полярная опытная станция – филиал ВИР, Апатиты, Россия

**MOLECULAR SCREENING OF SOLANUM ANDIGENUM JUZ. ET BUK.
ACCESSIONS WITH MARKERS OF POTATO CYST NEMATODE RESISTANCE
GENES**

N.A. Oskina¹, S.N. Travina^{1,2}, T.A. Gavrilenko¹

¹ N.I. Vavilov All-Russian Institute of Plant Genetic Resources, St. Petersburg, Russia, n.fomina@vir.nw.ru

² N.I. Vavilov All-Russian Institute of Plant Genetic Resources, Polar Experimental Station of VIR, Apatity, Russia

Цистообразующие картофельные нематоды являются опасными вредителями, так как приводят к большим потерям урожая восприимчивых сортов картофеля, а их цисты способны сохранять жизнеспособность в почве до 30 лет, тем самым делая посевные площади не пригодными для картофелеводства (Winslow, Willis, 1972). Наиболее вредоносными из цистообразующих картофельных нематод являются *Globodera rostochiensis* (Wollenweber) Behrens – золотистая картофельная нематода (ЗКН), являющаяся объектом внутреннего карантина в РФ и *Globodera pallida* (Stone) Behrens – бледная картофельная нематода (БКН), являющаяся объектом внешнего карантина в нашей стране.

Согласно литературным данным, образцы *Solanum andigenum* Juz. et Buk. являются источниками ценных генов устойчивости к различным патотипам цистообразующих нематод (Dalamu et al., 2012; Мироненко и др., 2020; Gartner et al., 2021). Селекция сортов картофеля, устойчивых к ряду патотипов цистообразующих нематод, основана на использовании устойчивых образцов этого культурного вида, а также родственных южноамериканских диких видов. В результате молекулярно-генетических и фитопатологических исследований гибридных популяций, полученных с участием нематодоустойчивых образцов *S. andigenum*, был идентифицирован ряд генов и QTLs, контролирующих устойчивость к патотипам Ro1/Ro4 ЗКН – ген *H1*, патотипу Ro5 ЗКН – QTL *Grp1* и к патотипам Pa2/Pa3 БКН – *Gpa2*, *Gpa5*, *GpaIV^s_{adg}* и *Grp1_QTL*. Кроме того, у устойчивых образцов близкородственных южноамериканских диких видов были идентифицированы ген *Gro1-4*, вовлеченный в контроль устойчивости к Ro1/Ro4 ЗКН, и *Gpa5_QTL*, участвующий в контроле устойчивости к Pa2/Pa3 БКН. В этих исследованиях были разработаны ДНК-маркеры, ассоциированные с генами нематодоустойчивости, что позволяет проводить скрининг образцов коллекции для отбора генотипов потенциально устойчивых к карантинным объектам (Dalamu et al., 2012; Asano et al., 2021; Gartner et al., 2021).

В настоящей работе был проведен молекулярный скрининг коллекции *S. andigenum*, сохраняемой на Полярной опытной станции ВИР, с маркерами генов/QTLs: *H1*, *Gpa2*, *Gpa5*, *GpaIV^s_{adg}*, *Gro1-4*, *Grp1_QTL*, *Gpa5_QTL* с целью отбора образцов, потенциально устойчивых к разным патотипам ЗКН и БКН.

В молекулярном скрининге с 11 маркерами перечисленных выше генов/QTLs участвовали 92 образца *S. andigenum*, в случае двух маркеров (239e4left/AluI и Gro 1-4-1) на настоящий момент проанализировано только 42% образцов экспериментальной выборки. Тотальная ДНК была выделена модифицированным СТАВ-методом (Gavrilenko et al., 2013; Антонова и др., 2020). Программы для проведения ПЦР соответствовали рекомендациям разработчиков праймеров.

В результате молекулярного скрининга:

- Детектированы образцы с маркерами гена *H1* устойчивости к патотипам Ro1/Ro4 золотистой картофельной нематоды: 4 образца с маркерами 57R и N195, два образца с маркером N195, три образца с маркером 239e4left/AluI и один образец, у которого детектированы все три маркера; маркер Gro1-4-1 гена *Gro1-4* не выявлен ни у одного из проанализированных к настоящему времени образцов.

- Отобраны образцы с маркерами *Grp1_QTL*, вовлеченного в контроль устойчивости к патотипу Ro5 ЗКН и патотипам Pa2/Pa3 бледной картофельной нематоды: 29 образцов с маркером GP21/DraI, 23 образца с маркером TG432/RsaI и 12 образцов где определены оба маркера.

- Выявлены образцы с маркерами генов *Gpa2*, *Gpa5*, *GpaIV^s_{adg}* и *Gpa5_QTL*, контролирующих устойчивость к патотипам Pa2/Pa3 БКН: два образца с маркером 77R/HaeIII; 8 образцов с маркерами Gpa2-1, Gpa2-2 и 77R/HaeIII; два образца с маркером C237-I; один образец с маркерами Gpa2-1, Gpa2-2, 77R/HaeIII и C237-I; 33 образца с маркером GP21/DraI; три образца с маркерами Gpa2-1, Gpa2-2, 77R/HaeIII и GP21/DraI; 4 образца с маркерами GP21/DraI и C237-I. Маркер HC I/HundIII гена *Gpa5* не обнаружен.

После верификации отобранных в молекулярном скрининге образцов в фитопатологических тестах, данный материал может быть рекомендован для использования в упреждающей селекции картофеля на устойчивость к карантинным объектам.

ГЕНЕТИЧЕСКИЕ РЕСУРСЫ КАРТОФЕЛЯ В КОЛЛЕКЦИИ ВИР: ИЗУЧЕНИЕ И ИСПОЛЬЗОВАНИЕ В СЕЛЕКЦИИ

Е.В. Рогозина

Федеральный исследовательский центр Всероссийский институт генетических ресурсов растений имени Н.И. Вавилова, Санкт-Петербург, Россия, alsol64@yandex.ru

POTATO GENETIC RESOURCES FROM THE VIR COLLECTION: STUDY AND USE FOR BREEDING PURPOSES

E.V. Rogozina

N.I. Vavilov All-Russian Institute of Plant Genetic Resources, St. Petersburg, Russia, alsol64@yandex.ru

Сохраняемая в ВИР коллекция генетических ресурсов картофеля и видов секции *Petota* Dumort. рода *Solanum* L. насчитывает 8830 образцов, включает 130 диких видов (1960 образцов), 10 культурных видов (3410 образцов, в том числе 2670 вида *S. andigenum* Juz et Buk. и 110 аборигенных форм *S. tuberosum* subsp. *chiloense* (A.DC.) L.I. Kostina), более 2600 селекционных сортов и дигаметоидов, 860 клонов межвидовых гибридов. Создание коллекции инициировал Н.И. Вавилов, по заданию которого сотрудник Отдела прикладной ботаники и селекции Сельскохозяйственного ученого комитета С.М. Букасов в 1919 г. начал сбор и изучение сортов картофеля, возделываемых в России и привозимых из зарубежных стран. Первые образцы дикорастущих и культурных родичей картофеля поступили в коллекцию из Мексики, в результате экспедиции С.М. Букасова и Ю.Н. Воронова в 1925–1926 гг. Обширный материал диких видов и местных культурных образцов собрали в странах Южной и Центральной Америки С.В. Юзепчук в 1926–1928 гг. и две экспедиции Н.И. Вавилова – в 1930 и в 1932–1933 гг. (Лоскутов, 2009). Экспедиции сотрудников ВИР, проводимые до 1992 г., собрали более 6400 образцов картофеля; благодаря интродукции из различных регионов мира в период с 1926 по 2005 гг. в коллекцию ВИР было привлечено более 20 тыс. образцов (Горбатенко, 2007). В настоящее время коллекция картофеля ВИР (RUS001) является одним из пяти крупнейших *ex situ* собраний генетических ресурсов картофеля в мире (Manuela Nagel in press).

Исследование коллекции было начато в 1921 г. С.М. Букасовым и сотрудниками подсекции картофеля в трех пунктах: Детском Селе (г. Пушкин), Калитино, близ ж/д станции Кикерино и «Красном пахаре», близ г. Павловск (Веселовский, 1930). География изучения коллекции расширилась в 1926 г. работами Украинского и Белорусского отделений института. В дальнейшем географическое изучение проводилось в обширной сети опытных станций ВИР, научно-исследовательских институтов и селекционных станций на территории всего СССР: от Крайнего севера до южных границ, в закавказских и азиатских республиках, Крыму, Молдавии и на Дальнем Востоке (Киру, 2007). Основными направлениями работы с коллекцией, с начала ее создания и до настоящего времени, являются мобилизация генофонда картофеля и родственных видов, изучение генетических ресурсов, выделение ценных образцов и создание новых форм для использования в качестве исходного материала в селекции картофеля.

Итогом изучения коллекции картофеля ВИР в XX веке стали достижения мирового уровня в области систематики и классификации диких и культурных видов картофеля, кариологии и цитологии, анатомии, физиологии развития, биохимии, иммунитета и генетики картофеля (Киру, 2007). Комплексный подход в изучении разнообразия коллекции позволил раскрыть потенциал наследственной изменчивости культурного картофеля и диких родичей, познать биологические особенности и селекционную ценность представителей генофонда секции *Petota* рода *Solanum*. Многолетний скрининг

и изучение генетического разнообразия коллекции ВИР способствовали дальнейшей разработке теоретических основ селекции картофеля. Обнаруженная внутривидовая неоднородность культурных и диких видов картофеля по устойчивости к патогенам и неблагоприятным факторам среды вызвала необходимость проведения предбридинговой селекции (предселекции), включающей выделение генетических источников, проведения оценки их селекционной ценности и создания на их основе родительских линий – исходного материала для практической селекции (Будин, 1986; Яшина, 2000). Результаты экспериментальной работы по вовлечению диких и культурных видов картофеля в селекционный процесс были использованы для совершенствования методологических подходов. Создание полиплоидных форм диких видов или скрещивание диплоидных видов с дигамплоидами сортов позволили расширить генетическое разнообразие исходного материала, достигнуть выдающихся успехов в выведении отечественных сортов картофеля устойчивых к фитофторозу, вирусам, картофельной нематодой. Схема получения мейотических полиплоидов при скрещивании диплоидных видов и дигамплоидов сортов открыла возможности для повышения эффективности селекции на комплексную устойчивость к патогенам и создания сортов, дающих однородное генеративное потомство (Будин, 1986). Методом межвидовой гибридизации, с использованием выделенных в коллекции ВИР источников ценных признаков, был создан исходный материал для разных направлений селекции, выведены сорта картофеля устойчивые к патогенам, морозостойкие и скороспелые, с высоким содержанием крахмала. Отечественные селекционеры создали более 85 сортов картофеля на основе образцов из коллекции ВИР (Киру, 2007). В Республике Беларусь при активном использовании межвидовых гибридов из коллекции ВИР получены столовые сорта картофеля различных сроков созревания (Колядко и др., 2007).

В XXI веке применение молекулярно-генетических методов обеспечивает углубленное исследование культурных форм и диких родичей картофеля, прогресс в дифференциальном понимании видов, видового потенциала, генетических взаимоотношений в пределах данной группы (по Н.И. Вавилову, 1935). Представители диких и культурных видов, селекционных клонов и сортов картофеля из коллекции ВИР оценены по устойчивости к возбудителям экономически значимых болезней и наличию ДНК маркеров *R*-генов, контролирующих устойчивость к фитофторозу, цистообразующим нематодам, вирусам и раку картофеля (Рогозина и др., 2015; Рогозина и др., 2018; Гурина и др., 2022). Молекулярно-генетический скрининг межвидового и внутривидового разнообразия *Solanum* spp. является весомым вкладом в разработку проблемы их генетической изменчивости и эволюции. Новый исходный материал и знания о полиморфизме *R*-генов представляют важный задел для ускоренного развития селекции, в том числе совершенствования технологии маркер-ассоциированной селекции картофеля, применительно к текущим проблемам картофелеводства в России.

*Работа поддержана проектом РНФ № 22-26-0011 «Гены устойчивости картофеля к фитофторозу в контексте эволюции культурных и диких клубненосных видов *Solanum* L.».*

ИЗУЧЕНИЕ ОБРАЗЦОВ ДИКИХ ВИДОВ КАРТОФЕЛЯ НА УСТОЙЧИВОСТЬ К ВИРУСАМ S И M С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ИСКУССТВЕННОГО ЗАРАЖЕНИЯ И ПЦР-МАРКИРОВАНИЯ

Н.В. Русецкий, И.А. Шутинская, В.А. Козлов

РУП «Научно-практический центр Национальной академии наук Беларуси
по картофелеводству и плодоовощеводству», аг. Самохваловичи, Республика Беларусь,
nicrw@mail.ru

STUDYING ACCESSIONS OF WILD POTATO SPECIES FOR RESISTANCE TO PVS AND PVM USING ARTIFICIAL INFECTION AND PCR MARKING

N.V. Rusetsky, I.A. Shutinskaya, V.A. Kozlov

Research and Practical Centre of the National Academy of Sciences of Belarus for Potato,
Fruit and Vegetable Growing, Samokhvalovichy, Republic of Belarus, nicrw@mail.ru

Вирусы PVS и PVM, поражающие картофель, являются одними из самых распространенных патогенов вирусной этиологии на этой культуре. По данным фитовирусологического мониторинга, проводимого нами в 2005–2020 гг. пораженность посадок картофеля в картофелеводческих организациях различных форм собственности составляет: по PVM от 22,3 до 72,9%, по PVS – от 32,0 до 55,2%. Потери, причиняемые заболеваниями, вызываемые этими вирусами могут варьировать от 10%, а в отдельных случаях и до 75%.

Такая сложившаяся ситуация объясняется, в первую очередь, незначительным количеством устойчивых сортов, что связано с отсутствием или недостаточным количеством в практической селекции генетических источников резистентности к этим патогенам. Дикие сородичи культурного картофеля являются ценным и незаменимым источником генов устойчивости к различным патогенам. Поэтому целью настоящей работы является поиск и выделение устойчивых форм к PVS и PVM среди диких видов для использования в практической селекции на вирусоустойчивость.

Поиск и выделение устойчивых форм среди образцов диких видов осуществляли с использованием двух методов: оценка фенотипической устойчивости по результатам искусственного заражения и последующего тестирования методом ELISA на пораженность PVS и PVM, а также на основе генотипирования с применением ДНК-маркирования.

Искусственному инфицированию при помощи механической инокуляции подвергали по 3–6 растений каждого образца. Инфекцию PVS накапливали на растениях томата сорт ‘Сказка’, а PVM – на растениях томата сорт ‘Невский’.

Для проведения генотипирования исследуемых форм диких видов ДНК образцов выделяли из зеленых свежесобранных листьев, взятых из среднего яруса куста. Выделение геномной ДНК из растений *in vivo* осуществляли с помощью наборов реагентов для выделения ДНК «Нуклеосорб» комплектация «С» производства фирмы «Праймтех» (Республика Беларусь) согласно протокола производителя. Используемые в работе праймеры синтезированы в ОДО «Праймтех» (Республика Беларусь). Качество полученной ДНК определяли проведением ПЦР-реакции с праймерами ВСН, являющимися внутренним положительным контролем, амплифицирующимся у любых образцов картофеля.

Скрининг образцов на наличие генов устойчивости *Gm*, *Rm* и *Ns* к S- и M-вирусам картофеля осуществляли с использованием ПЦР-маркеров. Присутствие гена *Ns*, отвечающего за устойчивость к S-вирусу картофеля устанавливали с помощью SCAR-маркера SCG17₃₂₁, ISSR-маркера UBC811₆₆₀ и CAPS-маркера SC811₂₆₀. Наличие гена *Gm* определяли с использованием SCAR-маркера SC878₈₈₅, гена *Rm* – с помощью маркеров:

UBC822₁₀₇₉ (ISSR), GP250₅₁₀, GP283₃₂₀ (CAPS). Определяемый маркер к гену *Ns* – UBC811₆₆₀ выявлен у 56,0% протестированных образцов диких видов картофеля. Используемый второй маркер для идентификации этого же гена SC811₂₆₀ оказался у 33,3% форм. Маркер SCG17₃₂₁ показал присутствие у всех изучаемых образцов. Наличие всех трех маркеров к гену *Ns* отмечено у трех образцов, что составляет 12,0% от числа изученных по данному вирусу образцов.

Для выявления генов, отвечающих за устойчивость к М-вирусу картофеля, использование SCAR-маркера SC878₈₈₅ показало положительный результат у 68,1% образцов, а ISSR-маркера UBC822₁₀₇₉ лишь у 18,1%. Присутствие в геноме ДНК-маркеров – GP283₃₂₀ и GP250₅₁₀, ассоциированных с изучаемым признаком устойчивости к PVM, было отмечено у 13,3 и 53,3% образцов соответственно. Наличие в генотипе трех маркеров устойчивости к MBK – SC878₈₈₅, UBC822₁₀₇₉ и GP250₅₁₀ выявлено у двух форм (str 60-1 и str 58-6) дикого вида *Solanum stipuloideum*.

Результаты фенотипической оценки с проведением в фазу «бутонизация-цветение» тестирования исследуемых образцов картофеля на содержание скрытой вирусной инфекции PVS и PVM методом ИФА показали значительный уровень инфицированности их изучаемыми вирусами.

По данным анализа результатов искусственного инфицирования и молекулярного скрининга, среди видов *S. berthaultii*, *S. tarijense* и *S. chacoense* выявлено три образца, устойчивых к S-вирусу картофеля, как по фенотипической оценке, так и согласно ДНК-маркированию, несущие в своем генотипе ген *Ns*.

ОСОБЕННОСТИ СЕЛЕКЦИИ КАРТОФЕЛЯ НА ПРИМОРСКОЙ ОВОЩНОЙ ОПЫТНОЙ СТАНЦИИ – ФИЛИАЛА ФГБНУ ФНЦО

Н.А. Сакара, Т.С. Тарасова, Ю.Г. Михеев, В.И. Ознобихин

Федеральный научный центр овощеводства, Приморская овощная опытная станция – филиал ФНЦО, Приморский край, Россия, nsakara@inbox.ru

FEATURES OF POTATO BREEDING AT THE PRIMORSKY VEGETABLE EXPERIMENTAL STATION, A BRANCH OF THE FEDERAL SCIENTIFIC VEGETABLE CENTER

N.A. Sakara, T.S. Tarasova, Y.G. Mikheev, V.I. Oznobikhin

Federal Scientific Vegetable Center, Primorsky Vegetable Experimental Station, branch of the FSVC, Primorsky Territory, Russia, nsakara@inbox.ru

Селекция картофеля на Дальнем Востоке России, начатая еще в 1951 г., требует дальнейшего развития, поскольку в местных условиях в настоящее время преимущественно возделываются иностранные сорта, что не соответствует доктрине продовольственной безопасности страны.

Основная цель нашей работы – создание столовых сортов картофеля среднеранней и среднеспелой групп созревания, наиболее отвечающих почвенно-климатическим условиям Приморского края при наличии следующих показателей: урожайность 40–50 т/га, относительная и высокая устойчивость к фитофторозу, высокая толерантность к вирусам У и Х при меньшей степени устойчивости к вирусам S, М и L, высокие потребительские свойства (привлекательный вид, хороший вкус, клубни с желтой или розовой окраской кожуры и с желтой или кремовой мякотью, высокая устойчивость к механическим повреждениям и лежкоспособность при хранении).

Селекция по картофелю на Приморской овощной опытной станции – филиала ФГБНУ ФНЦО выполняется по полной схеме селекционного процесса по методике ФГБНУ ФИЦ картофеля им. А.Г. Лорха в модификации известного ученого-картофелевода академика РАН Е.П. Киселева.

В условиях Приморского края в 2008–2022 гг. было изучено более 300 сортов, свыше 500 гибридных комбинаций, созданных на Приморской ООС, ФГБНУ ФИЦ картофеля им. А.Г. Лорха, ФГБНУ Приморский НИИСХ, ФГБНУ Камчатский НИИСХ, ФГБНУ Уральский НИИСХ и институте картофелеводства украинской академии аграрных наук и включающими около 19 тыс. гибридов. В раннеспелой группе использовали сорта-стандарты ‘Розара’ и ‘Удача’, среднеранней и среднеспелой – сорта ‘Сантэ’, ‘Невский’, ‘Луговской’ и среднепоздней – сорт ‘Янтарь’.

С комплексом хозяйственно ценных признаков в раннеспелой группе выделены сорта ‘Жуковский ранний’, ‘Метеор’, ‘Гала’, ‘Витессе’, ‘Леони’, ‘Лабелла’, ‘Каменский’, ‘Бородинский розовый’, ‘Сигнал’, ‘Электра’; в среднеранней – ‘Дина’, ‘Майский цветок’, ‘Лина’, ‘Киевский свитанок’, ‘Ред Леди’, ‘Родрига’, ‘Наташа’, ‘Королева Анна’, ‘Лилли’; в среднеспелой и среднепоздней группах – ‘Эдисон’ и ‘Бельмонда’.

По эффективности образования гибридных комбинаций выделились сорта-опылители ‘Розара’, ‘Удача’ и ‘Жуковский ранний’, с участием которых процент удачных скрещиваний составил, соответственно, 37,3%; 9,5%; 7,5%. У сортов витанок ‘Киевский’ и ‘Невский’ этот показатель составил 1,9 и 1,9%.

Применяемая нами методика комплексного анализа гибридных комбинаций по потомству в питомниках сеянцев, гибридов 1-го года не обеспечивает эффективных отборов идиотипов, сохраняющих продуктивность и скороспелость в последующих питомниках.

По наличию образцов, дошедших до основного, конкурсного и государственного

испытания, выделены из 500 изучаемых комбинаций родительские пары: Удача × Розара, Розара × Жуковский ранний; Альвара × Удача; Аврора × Фелокс; Рая × Жуковский ранний; Витессе × Киви; Ручеек × Киви; Розара × Удача; Калинка × Зекура; (Невский × Аксеновский) × Удача.

При повторном создании комбинации Розара × Удача, она также имела гибриды, дошедшие до конкурсного испытания. Из выделенной комбинации Розара × Удача отобран образец 20-1, который с 2022 г. проходит государственное испытание на четырех ГСУ в ДФО, что в определенной степени может характеризовать эффективность этого метода оценки гибридных комбинаций.

ОЦЕНКА ВЛИЯНИЯ ПРЕПОСАДОЧНОЙ ОБРАБОТКИ КЛУБНЕЙ КАРТОФЕЛЯ РАСТВОРАМИ АМИНОКИСЛОТ

М.Н. Ситников, А.Н. Поварницин

Федеральный исследовательский центр Всероссийский институт генетических
ресурсов растений имени Н.И. Вавилова, Санкт-Петербург, Россия

ASSESSMENT OF THE EFFECT OF PREPLANTING TREATMENT OF POTATO TUBERS WITH AMINO ACID SOLUTIONS

M.N. Sitnikov, A.N. Povarnitsin

N.I. Vavilov All-Russian Institute of Plant Genetic Resources, St. Petersburg, Russia

Аминокислоты стимулируют метаболические процессы, усвоение питательных веществ и сами являются готовым энергетическим резервом для биологического процесса роста и развития.

Растения синтезируют собственные аминокислоты из неорганического азота и углерода, получаемые растением из минеральных удобрений и гумуса (путем превращения нитратов в нитриты и аммонийные соединения с их последующим встраиванием в органические молекулы при биосинтезе аминокислот и формировании пептидных цепочек). Однако все реакции, происходящие в растении, требуют затраты ресурсов – на все эти процессы растение теряет большие запасы энергии и время, отведенное на вегетацию и формирование урожая. Для раскрытия всего заключенного в растении потенциала по урожайности вне зависимости от почвенно-климатических условий требуется примерять препараты с составом, вещества которых сразу вступают в биохимические реакции. Такими веществами являются аминокислоты. Попадая в растение в виде действующих веществ удобрений, они практически сразу включаются в обменные процессы организма без потери времени и энергии на преобразование неорганических веществ в органические.

При возникновении стресса растения увеличивают содержание аминокислот, повышающие сопротивление к абиотическим факторам (высокая и низкая температуры, недостаток влаги и др.). Поэтому применение аминокислот во внекорневых подкормках – это самый эффективный способ корректировки воздействия неблагоприятных условий окружающей среды (град, морозы, водный дефицит и солнечные ожоги), а также повышение устойчивости к болезням сельскохозяйственных растений.

В нашем исследовании было проверено влияние предпосадочной обработки клубней картофеля растворами различных аминокислот на проявление некоторых морфофизиологических характеристик растений картофеля. Были взяты сорта российской селекции: 'Вираз', 'Танай', 'Арлекин'. Для обработки клубней использовались аминокислоты: аланин, гистидин и аргинин в виде водных растворов с концентрациями 50, 100, 200 мг/л.

Перед посевом клубни исследуемых сортов яровизировали при комнатной температуре в течение двух недель, потом замачивали в водных растворах аминокислот в течение 30 минут. Затем клубни высаживали в поле. Предпосевная обработка почвы и уход за растениями в поле осуществлялись по стандартной методике ВИР.

Во время вегетационного периода отмечались следующие показатели: период от посадки до всходов, от всходов до цветения, от всходов до пожелтения ботвы, поражение растения фитофторозом.

Поражение фитофторозом оценивали в три срока: в начале появления пятен, во время полного поражения ботвы и при уборке. 9-балльная оценка поражения (1 – гибель растения, 3 – более 50%, 5 – до 50%, 7 – до 25%, 9 – отсутствие симптомов болезни).

Прохождение межфазного периода «всходы – цветение» ускорялось на 3–5 дней по сравнению с контрольным вариантом в вариантах с обработкой аминокислотами гистидином, аланином и аргинином в соответствующих концентрациях.

Обработка аминокислотами аргинином и аланином в концентрации 200 мг/л стимулировала у клубней всех исследуемых сортов полевою устойчивость к фитофторозу. Признаки заражения появлялись позже на 4-5 дней по сравнению с контролем и остальными образцами. Сорта ‘Арлекин’ и ‘Вираз’, обработанные аргинином в концентрациях 50 мг/л и 100 мг/л соответственно, показали более высокую продуктивность по сравнению с обработкой другими аминокислотами.

Таким образом, выявлено влияние предпосадочной обработки клубней картофеля растворами аминокислот на периоды развития растений картофеля, продуктивность и устойчивость к фитофторозу.

СОДЕРЖАНИЕ И КОМПОНЕНТНЫЙ СОСТАВ АНТОЦИАНОВ В КЛУБНЯХ КАРТОФЕЛЯ

А.Е. Соловьева, Л.М. Горлова, А.С. Удовичкий, Е.В. Рогозина

Федеральный исследовательский центр Всероссийский институт генетических ресурсов растений имени Н.И. Вавилова, Санкт-Петербург, Россия, alsol64@yandex.ru

THE CONTENT AND COMPOSITION OF ANTHOCYANINS IN POTATO TUBERS

A.E. Solovyeva, L.M. Gorlova, A.S. Udovickij, E.V. Rogozina

N.I. Vavilov All-Russian Institute of Plant Genetic Resources, St. Petersburg, Russia,
alsol64@yandex.ru

В последнее время повышению качества питания уделяется большое внимание, и значение картофеля с красной и фиолетовой окраской клубней как источника биологически ценных веществ весьма существенно (Симаков и др., 2020). Пигментированная мякоть картофеля богата полезными для здоровья антиоксидантами – это фенолы (хлорогеновая кислота и ее изомеры), флавоноиды (в том числе антоцианы), аскорбиновая кислота. Полифенольные соединения, особенно флавоноиды, являются эффективными антиоксидантами благодаря их способности поглощать свободные радикалы (Зверев, Брюханов, 2017). В клубнях красной или фиолетовой окраски уровень антиоксидантов в два-три раза выше, чем в клубнях картофеля с белой или желтой мякотью (Гинс и др., 2020).

Антоцианы как наиболее важная группа флавоноидных пигментов широко распространены в природе. Они обеспечивают оранжевые, красные и синие цвета фруктов, овощей, цветов, листьев, корней и других органов. Во всем мире наблюдается значительный интерес к разработке пищевых красителей из природных источников, и цветной картофель может служить потенциальным их источником. Содержание антоцианов в цветных клубнеплодах картофеля сопоставимо с содержанием клюквы (Fuleki, Francis, 1968). В краснокочанной капусте (Watzl et al., 2002) и красной редьке (Giusti et al., 1998) количество антоцианов было ниже, чем в картофеле, на этом фоне в ягодах аронии (Watzl et al., 2002) и бузины (Kaack, Austed, 1998) содержание антоцианов было в 2–10 раз выше. Окрашенный картофель может служить потенциальным источником природных антоциановых пигментов, поскольку он относится к так называемым «недорогим» культурам.

Цель работы – исследовать сорта картофеля с красными и фиолетовыми клубнями по составу и содержанию антоцианов. Материал – сорта ‘Брусничка’, ‘Гранд’, ‘Калибр’, ‘Красавчик’, ‘Кумач’, ‘Пламя’, ‘Сокур’, ‘Танюшка’, ‘Травник’, ‘Удовичкий’, ‘Эликсред’ (красная окраска клубней) и ‘Киру’, ‘Нарымская ночка’, ‘Фиолетовый’, ‘Северное Сияние’ (фиолетовая окраска). Растения картофеля выращивали на опытном участке НПО «Пушкинские и Павловские лаборатории ВИР» в 2021 г. Извлечение антоцианов из растительного сырья (целые клубни) осуществлялось методом статической экстракции. Содержание и компонентный состав антоцианов определяли методом высокоэффективной жидкостной хроматографии (ВЭЖХ).

В клубнях картофеля выявлены следующие антоцианы: дельфинидин, петунидин, пеонидин, мальвидин, цианидин и пеларгонидин. Антоцианидины обнаружены в двух формах – в моно- и дигликозилированной. Установлено, что антоциановый состав клубней изменяется в зависимости от сорта и может включать от 14 до 28 антоцианов.

Образцы картофеля с красной окраской клубней показали диапазон изменчивости по содержанию антоцианов от 7,3 до 140,4 мг/100 г на сырое вещество, при этом сорта ‘Танюшка’, ‘Травник’ и ‘Брусничка’ имели самую высокую концентрацию антоцианов (140,42, 136,83 и 125,29 мг/100 г соответственно). По составу отдельных антоцианов

образцы красного картофеля можно условно разделить на две группы: в первой основные компоненты – цианидин (31–59%) и пеларгонидин (29–53%), во второй наблюдается добавление к двум основным антоцианам пеонидина в количестве более 12%.

Сорта с фиолетовыми клубнями показали диапазон изменчивости по содержанию антоцианов от 22,3 до 444,4 мг/100 г на сырое вещество, самая высокая концентрация у сорта ‘Северное Сияние’. У всех сортов один из основных компонентов – петунидин (25–65%), второй компонент у сортов ‘Северное Сияние’ и ‘Нарымская ночка’ – пеларгонидин, у сорта ‘Киру’ – пеонидин, у сорта ‘Фиолетовый’ – цианидин. Интересно, что для тетраплоидного картофеля в середине прошлого столетия было характерно наличие мальвидина, пеларгонидина, пеонидина и петунидина и отсутствие цианидина (Dodds, Long, 1956). Среди исследованных нами образцов содержание мальвидина более 10% обнаружено только в клубнях сорта ‘Нарымская ночка’. У зарубежных сортов картофеля среди пигментов клубней также доминируют пеларгонидин, петунидин и пеонидин (Kim et al., 2017; Sampaio et al., 2021).

Исследование выполнено при финансовой поддержке проекта Министерства образования и науки России «Национальная сетевая коллекция генетических ресурсов растений для эффективного научно-технологического развития РФ в сфере генетических технологий» по соглашению № 075-15-2021-1050 от 28.09.2021 г.

This work was supported by the Ministry of Science and Higher Education of the Russian Federation under agreement № 075-15-2021-1050 at 28.09.2021.

НОВЫЕ РОССИЙСКИЕ СОРТА КАРТОФЕЛЯ ПЕРСПЕКТИВНЫЕ ДЛЯ ВОЗДЕЛЫВАНИЯ В СЕВЕРО-ЗАПАДНОМ РЕГИОНЕ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Н.А. Чалая*, А.А. Гурина, Е.А. Заварихина, А.Н. Поварницин, М.Н. Ситников
Федеральный исследовательский центр Всероссийский институт генетических ресурсов
растений имени Н.И. Вавилова, Санкт-Петербург, Россия, *n.chalaya@vir.nw.ru

NEW RUSSIAN POTATO CULTIVARS PROMISING FOR CULTIVATION IN THE NORTHWESTERN REGION OF THE RUSSIAN FEDERATION

N.A. Chalaya*, A.A. Gurina, E.A. Zavarikhina, A.N. Povarnitsin, M.N. Sitnikov
N.I. Vavilov All-Russian Institute of Plant Genetic Resources, St. Petersburg, Russia,
*n.chalaya@vir.nw.ru

В Российской Федерации картофель возделывают во всех 12 агроклиматических регионах, каждый из которых отличается своеобразием почвенно-климатических условий. Наблюдаемые в последние десятилетия на европейской территории России изменения климата существенно повлияли на проявление хозяйственно ценных признаков картофеля, в том числе на продуктивность и содержание крахмала (Новикова и др., 2017). Цель исследований: провести комплексную оценку сортов картофеля селекции ведущих Российских НИУ в условиях Северо-Западного региона, выделить сорта с высоким стабильным уровнем урожайности, с высокой товарностью, хорошими потребительскими качествами клубней. Исследования проводились на опытных участках Научно-производственной базы «Пушкинские и Павловские лаборатории ВИР» в г. Пушкин (Санкт-Петербург) в 2019–2021 гг. Общая методика проведения исследования сформирована на основе обобщения подходов и методов анализа, опубликованных в изданиях «Методические указания по поддержанию и изучению мировой коллекции картофеля ВИР» (2010.) и «Методические положения по оценке сортов и гибридов картофеля на испытательных участках» (2017). Было высажено по 20 растений в трех повторностях каждого изучаемого сорта. Агроклиматические условия в годы проведения исследований отличались от средних многолетних данных по региону, осадки выпадали неравномерно, температура воздуха превышала (2021 г.) или была на уровне средних многолетних значений. Проведена оценка 39 сортов отечественной селекции разных групп спелости. Исследуемые сорта создавались в 10 научно-исследовательских учреждениях, расположенных в разных регионах России: Северо-Западном, Центральном, Волго-Вятском, Средневолжском, Западно-Сибирском, Сибирском, Дальневосточном. В качестве стандартов использовали наиболее распространенные возделываемые сорта: 'Невский', 'Удача', 'Gala', 'Red Scarlet'.

Продуктивность является одним из главных хозяйственно ценных признаков. По результатам сравнительного изучения, продуктивность исследуемых сортов варьировала в зависимости от года исследования. У большинства исследуемых сортов в 2021 г. из-за засушливого периода в июне-июле, урожайность была ниже, чем в 2019–2020 гг. Среди сортов-стандартов наибольшую урожайность имел раннеспелый сорт 'Удача' (848,3–1136,7 г/куст). В наших условиях, независимо от погодных факторов, стабильную урожайность на уровне сорта-стандарта или выше имели сорта: 'Аляска', 'Варяг', 'Гранд', 'Дачница', 'Дебют', 'Калибр', 'Краса Мещеры', 'Кумач', 'Сальса', 'Терра', 'Эликсрел'. Наименьшая урожайность, по итогам трех лет изучения была у сорта 'Фиолетовый' (366,3–538,7 г/куст). Товарность изученных сортов находилась в пределах 82–97%. Наибольший показатель отмечен у сорта 'Корчма' (94,2–96,0%). Большинство образцов имеют товарность более 90%.

Содержание крахмала в изученных образцах в разные годы исследований

варьирует от 9,1 до 17,5%. Повышенное содержание крахмала отмечено у сортов: 'Гранд' (15,7–17,5%), 'Сокур' (15,7–17,4%), 'Аляска' (14,5–17,0%). Стабильно низкое содержание крахмала было у сортов 'Кумач' (10,9–11,3%), 'Red Scarlett' (10,8–11,4%) и 'Сальса' (11,7–12,7%). У некоторых сортов данный показатель сильно колеблется в зависимости от года выращивания: 'Садон' (9,1–14,1%), 'Барин' (13,7–17,3%), 'Дачный' (11,4–16,6%). Большинство изученных сортов имеют средний показатель по данному признаку.

Результаты оценки столовых качеств показали различия по органолептическим характеристикам и вкусовым качествам клубней. Диапазон изменчивости составляет 5,2–8,2 балла, где 9 – отличный вкус. Сорта 'Аляска', 'Барин', 'Гранд', 'Зумба', 'Казачок', 'Сальса', 'Сударыня', 'Сердолик', 'Сокур' отличаются очень хорошим вкусом (7–8 баллов). Остальные сорта характеризуются вкусом от удовлетворительного до хорошего. Все сорта обладают не темнеющей мякотью после варки.

В результате трехлетнего изучения 39 новых сортов российской селекции, проведенного в Северо-Западном регионе РФ, выделены сорта: с высокой товарностью (более 90%) и потенциальной урожайностью свыше 40 т/га в благоприятных для выращивания картофеля условиях (2019–2020 гг.) и свыше 33 т/га в засушливых условиях (2021 г.): ранние – 'Дачница', 'Терра'; среднеранние – 'Калибр', 'Сальса'; среднеспелые – 'Аляска', 'Варяг', 'Гранд', 'Дебют', 'Краса Мещеры', 'Эликсред'.

Работа выполнена в рамках государственного задания согласно тематическому плану ВИР по проекту № 0481-2022-0004 «Совершенствование подходов и методов ex situ сохранения идентифицированного генофонда вегетативно размножаемых культур и их диких родичей, разработка технологий их эффективного использования в селекции».

ИЗУЧЕНИЕ МЕЖВИДОВЫХ ГИБРИДОВ КАРТОФЕЛЯ, СЕЛЕКЦИИ ОТДЕЛА ГЕНЕТИЧЕСКИХ РЕСУРСОВ КАРТОФЕЛЯ ВИР В УСЛОВИЯХ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ

А.В. Чашинский¹, Е.В. Рогозина², В.А. Козлов¹, Д.В. Башко¹

¹ РУП «Научно-практический центр Национальной академии наук Беларуси по картофелеводству и плодоовощеводству», аг. Самохваловичи, Республика Беларусь, a.chashinski@rambler.ru,

² Федеральный исследовательский центр Всероссийский институт генетических ресурсов растений имени Н.И. Вавилова, Санкт-Петербург, Россия, rogozinaelena@gmail.com

A STUDY OF INTERSPECIES POTATO HYBRIDS DEVELOPED AT THE POTATO GENETIC RESOURCES DEPARTMENT OF VIR UNDER THE CONDITIONS OF THE REPUBLIC OF BELARUS

A.V. Chashinsky¹, E.V. Rogozina², V.A. Kozlov¹, D.B. Basko¹

¹ Research and Practical Centre of the National Academy of Sciences of Belarus for Potato, Fruit and Vegetable Growing, Samokhvalovichy, Republic of Belarus, a.chashinski@rambler.ru,

² N.I. Vavilov All-Russian Institute of Plant Genetic Resources, St. Petersburg, Russia, rogozinaelena@gmail.com

Одним из основных направлений исследований лаборатории генетики картофеля РУП «Научно практического центра НАН Беларуси по картофелеводству и плодоовощеводству» является поиск новых генетических ресурсов, их всестороннее изучение и сохранение в виде признаковых коллекций сортов, межвидовых гибридов, дигамплоидов, диких и культурных видов, для обеспечения отечественной селекции новыми источниками хозяйственных признаков (продуктивность, устойчивость к вирусным болезням, фитофторозу, черной ножке, повышенное содержание крахмала, пригодность к промышленной переработке на картофелепродукты и др.).

В условиях Республики Беларусь в течение 2019–2022 гг. изучено 19 межвидовых гибридов картофеля, созданных в отделе клубнеплодов Федерального исследовательского центра Всероссийского института генетических ресурсов растений имени Н.И. Вавилова, по основным хозяйственно ценным признакам.

В результате оценки образцов по устойчивости к фитофторозу листьев в полевых условиях выделены гибридные формы 24-1 и 16/27-09 с относительно высокой устойчивостью к патогену.

У гибридов 160-1, 190-4, 39-1-2005, 99-4-1 и 171-3 устойчивость к заболеванию составила 6,3 балла.

По результатам изучения гибридов на устойчивость к фитофторозу клубней выделены образцы 97-152-8 и 99-4-1 с баллом устойчивости 7,0 и 7,3 соответственно. Средняя устойчивость к патогену отмечена у гибридов 118-6-2011 и 16/27-09. Остальные характеризовались более низкой устойчивостью.

По устойчивости к возбудителям черной ножки клубней выделены гибриды 118-6-2011, 38 КВА и 190-4 с высокой устойчивостью к патогену. Относительно высокая устойчивость к заболеванию отмечена у 11 образцов.

Изучение наличия скрытой вирусной инфекции методом ИФА показало, что все изученные образцы были поражены М-вирусом картофеля. Вирус S также содержали практически все изученные образцы за исключением гибридов 138-3-2006 и 8-3-2004. Средней устойчивостью к Y-вирусу характеризовались формы 16/27-09, 99-4-1, 171-3 и 38 КВА. У остальных образцов вирус Y не обнаружен. Поражение вирусом X на уровне 10% отмечено у гибрида 16/27-09. Остальные формы были свободны от данной вирусной инфекции. Вирусы L и A среди изученных образцов не выявлены.

Продуктивность в изученных межвидовых гибридах составила от 455 до 1380 г/куст. Максимальная продуктивность (1380 г/куст) отмечена у образца 16/27-09. Формы 97-159-3, 160-1, 39-1-2005, 99-6-10 и 190-4 обладали продуктивностью на уровне 1025–1220 г/куст.

Максимальная крахмалистость среди изученных межвидовых гибридов картофеля (17,3–17,9%) отмечена у образцов 16/27-09 и 135-1-2006. Содержанием крахмала на уровне 15,1–16,0% характеризовались гибриды 38 КВА, 138-3-2006, 39-1-2005, 160-1 и 12/1-09.

Среди изученных образцов выделено шесть форм (118-6-2011, 99-4-1, 38 КВА, 97-152-8, 8-3-2004 и 135-1-2006) с высокой пригодностью к промышленной переработке на картофелепродукты после 5 месяцев холодного хранения без рекондиционирования.

**СЕКЦИЯ. ГЕНЕТИЧЕСКИЕ РЕСУРСЫ
ОВОЩНЫХ И БАХЧЕВЫХ КУЛЬТУР**

**SECTION. GENETIC RESOURCES OF VEGETABLE
AND CUCURBIT CROPS**

ГЕНЕТИЧЕСКИЕ И АГРОБИОТЕХНОЛОГИИ В АСТРАХАНСКОЙ СЕЛЕКЦИИ ОВОЩНЫХ КУЛЬТУР

М.П. Андреева, А.В. Гулин, О.П. Кигашпаева, М.В. Муканов

Прикаспийский аграрный федеральный научный центр Российской академии наук,
Всероссийский научно-исследовательский институт орошаемого овощеводства
и бахчеводства – филиал ПАФНЦ РАН, г. Камызяк, Россия, vniiob@mail.ru

GENETIC TECHNOLOGIES AND AGROBIOTECHNOLOGIES IN THE ASTRAKHAN BREEDING OF VEGETABLE CROPS

M.P. Andreeva, A.V. Gulin, O.P. Kigashpaeva, M.V. Mukanov

Caspian Agrarian Federal Scientific Center of the Russian Academy of Sciences, All-Russian
Research Institute of Irrigated Vegetable and Melon Growing – branch of the Caspian Agrarian
Federal Research Center of the Russian Academy of Sciences, Kamyzyak, Russia,
vniiob@mail.ru

Генетические параметры сорта, его пластичность, отзывчивость на агротехнологические приемы, устойчивость к вредителям, болезням и неблагоприятным факторам окружающей среды определяют эффективность применяемых агробиотехнологий и рентабельность сельскохозяйственного производства. Важнейшей задачей отечественной аграрной науки является создание конкурентоспособных сортов и гибридов сельскохозяйственных культур при соответствующем уровне подготовки специалистов, оснащении оборудованием, владении современными методами селекции, работы с генетическим материалом, гибридизации, трансгеноза, геномного редактирования. Вместе с тем, доля импортных семян в нашей страны по ряду культур достигла критически опасных значений и свидетельствует о высокой степени импортозависимости. Основным резервом выхода из сложившейся ситуации является максимальное использование имеющихся в стране генетических ресурсов и максимальное использование генетического потенциала растений и новых хозяйственно ценных генов, применения в современных методах селекции молекулярных ДНК-маркеров, белковых маркеров хозяйственно ценных генов, других составляющих геномной инженерии.

Ученые ВНИИООБ принимают активное участие в выполнении задач по импортозамещению и созданию отечественных сортов и гибридов сельскохозяйственных культур на основе применения эффективных селекционных методов и разработок. Инновационной разработкой наших ученых в области генетики и селекции сельскохозяйственных культур является созданная профессором Ю.И. Авдеевым цитогенетическая программа направленной селекции на основе использования в качестве доноров специальных транслоцированных (РТ) линий и включающая в себя поиск новых дополнительных ген-источников хозяйственно ценных признаков, передаче этих признаков уже созданным лучшим районированным сортам и проведении гибридизации между базисным сортом и сортом-улучшителем ценного признака с последующим многократным скрещиванием получаемого гибрида с улучшаемым сортом. Исследованиями установлено, что ряд признаков можно переносить в улучшаемый сорт за одно скрещивание без существенного изменения остальной части генотипа и передать улучшаемому сорту практически любой из генов определяемых им признаков. Созданные РТ-донорские линии позволяют перенести в улучшаемый сорт признаки, обусловленные генами одной хромосомы, и признаки генов цитоплазмы, созданные на базе материнских линий, которые могут быть использованы для ускоренного придания сортам ценных биологических качеств и иммунитета. Данный метод особенно эффективен при использовании на культурах с небольшим числом хромосом.

Цитогенетическая программа создания однородной, самовоспроизводящейся гетерозисности гибридов в поколениях позволяет существенно упростить и удешевить процесс производства семян гетерозисных гибридов у самоопыляющихся культур. Применение гетерозисных гибридов связано с большими затратами труда на проведение скрещиваний. Альтернативой является создание нерасщепляющихся гибридных геномов, сохраняющих в потомствах запланированную однородную гетерогенность. При достижении эффекта гетерозиса можно поддерживать в гетерозиготе саморазмножающегося гибрида два аллельных гена устойчивости, совмещение которых в гомозиготном сорте практически невозможно. Воспроизводство растений в поколении F_1 делает стоимость гетерозисных семян всего в 2 раза дороже семян обычных сортов. Получение гетерозисных семян традиционным методом (путем скрещивания родительских форм) обходится по стоимости и трудозатратам в 10–15 раз выше, производства семян сорта. Применение данного метода на самоопылителях позволяет достичь урожайности сортов, близкой по урожайности гибридам F_1 . Отставание сортов от гибридов первого поколения F_1 по продуктивности и иным показателям может быть преодолено путем соответствующей селекционной работы и применения методов ускоренной селекции на устойчивость к болезням, вредителям и экстремальным факторам среды.

Учеными института впервые обнаружены, изучены и использованы при создании сортов новые моногены устойчивости: к вредоносному паразиту – заразихе египетской, грибковой болезни – альтернариозу, широко распространенным физиологическим болезням томатов: вершинной гнили и растрескиванию плодов. Экономический и экологический эффект от использования в селекционной работе моногенов устойчивости и обеспечение присутствия их в семенах растений выражается в существенной экономии на применении химических средств защиты растений и устранении иных факторов возможного снижения урожая. В результате применения данных методов в селекционной работе созданы уникальные сорта овощных культур с высокой степенью устойчивости к поражению заразихой, вершинной гнилью томатов, альтернариозом на основе унаследованных хозяйственно ценных морфобиологических признаков генетических предшественников. Нестандартный подход, оригинальность постановки экспериментов и инновационность решения научных задач в современных условиях имеют огромное народнохозяйственное значение для обеспечения продовольственной безопасности страны и повышения качества жизни населения.

ИДЕНТИФИКАЦИЯ, ХАРАКТЕРИСТИКА И АНАЛИЗ ЭКСПРЕССИИ ГЕНОВ СЕМЕЙСТВ *PR1-5* В ГЕНОМЕ ЧЕСНОКА (*ALLIUM SATIVUM*), ИХ РОЛЬ В ОТВЕТЕ НА ЗАРАЖЕНИЕ *FUSARIUM PROLIFERATUM*

О.К. Анисимова¹, М.А. Филюшин¹

Федеральный исследовательский центр «Фундаментальные основы биотехнологии» РАН,
Москва, Россия, lelikanis@yandex.ru

IDENTIFICATION, CHARACTERIZATION AND EXPRESSION ANALYSIS OF *PR1-5* GENE FAMILIES IN GARLIC (*ALLIUM SATIVUM*), AND THEIR ROLE IN THE RESPONSE TO *FUSARIUM PROLIFERATUM* INFECTION

О.К. Anisimova¹, М.А. Filyushin¹

Federal Research Centre “Fundamentals of Biotechnology” of the Russian Academy of Sciences,
Moscow, Russia, lelikanis@yandex.ru

Гены связанных с патогенезом белков (pathogenesis-related, PR) активируются в растениях в ответ на абиотические и биотические стрессы, индуцируя различные защитные механизмы, в том числе локальную и/или системную приобретенную устойчивость. В настоящее время выделяют 17 семейств PR-белков, различающихся по структуре, механизму действия и специфичности к патогенам.

В данной работе впервые проведена идентификация в геноме чеснока *Allium sativum* (PRJNA606385, PRJNA607255) генов семейств *PR1-5*. Было найдено 16 генов, принадлежащих к семейству *PR1*, по три гена семейств *PR2*, *PR4* и *PR5* и семь генов хитиназ класса I, относящихся к семейству *PR3*. Наличие нескольких паралогов в каждом семействе *AsPR* (*Allium sativum* PR) предполагает функциональную избыточность или, наоборот, функциональную дивергенцию PR, такую как участие в дифференциальных ответах на различные стрессы и патогены. Проведенный анализ промоторных областей исследуемых генов выявил 15 гормон- и 10 стресс-чувствительных *cis*-регуляторных элементов, состав которых у разных генов был различным, что соответствует высказанной выше гипотезе. Также было показано, что паралоги в основном tandemно сгруппированы на хромосомах, что указывает на то, что семейства *AsPR*-генов возникли в результате эволюционных tandemных дупликаций.

Анализ аминокислотных последовательностей *AsPR* показал наличие характерных для каждого из семейств функциональных доменов и консервативных мотивов. В соответствии с данными *in silico* анализа, по функциональной активности белки семейств *AsPR1*, *AsPR3*, *AsPR4* и *AsPR5* были связаны с защитными реакциями растений, *AsPR2* – с процессом углеводного обмена, а *AsPR3*, помимо катаболизма хитина, связаны с метаболизмом полисахаридов клеточной стенки.

Анализ профилей экспрессии в органах растений чеснока показал, что максимальные уровни транскрипции для всех исследуемых генов приходились на корни, листья или проростки.

Поскольку идентифицированные гены *AsPR* предположительно участвуют в защитном ответе растений, их экспрессию оценивали в корнях, стеблях (донцах) и зубках у двух сортов чеснока, устойчивого (сорт ‘Сармат’) и восприимчивого (сорт ‘Стрелец’) к фузариозной гнили (*Fusarium basal rot*). Растения были инфицированы изолятом *F. proliferatum*, уровни экспрессии PR-генов анализировали в двух временных точках (через 24 и 96 ч после заражения). Было выявлено, что у устойчивого сорта ‘Сармат’ в ответ на заражение в корнях и донце экспрессия отдельных генов семейств *PR1*, 2 и 5 возрастала в 100 и более раз. У восприимчивого сорта ‘Стрелец’ транскрипция анализируемых генов активировалась не так значительно, или снижалась.

Выявленные изменения паттернов экспрессии анализируемых генов позволяют предположить, что гены *AsPR1a-d, g, k, AsPR2a-c, AsPR3b, c, g, AsPR4a(c), b* и *AsPR5a, c* могут определять разницу в PR-опосредованном ответе на инфекцию *Fusarium proliferatum* между устойчивыми и восприимчивыми растениями чеснока.

ГОМОЛОГИЯ ИЗМЕНЧИВОСТИ ГЕНОВ КАК ОСНОВА МЕТОДОВ МОЛЕКУЛЯРНОГО МАРКИРОВАНИЯ ПРИЗНАКОВ У ОВОЩНЫХ ПАСЛЕНОВЫХ КУЛЬТУР

О.Г. Бабак*, Н.А. Некрашевич, Н.В. Анисимова, К.К. Яцевич, Е.В. Дрозд,
А.В. Кильчевский

Институт генетики и цитологии Национальной академии наук Беларуси, Минск,
Республика Беларусь, *babak_olga@mail.ru

HOMOLOGY OF GENE VARIATION AS A BASIS OF MOLECULAR MARKING METHODS FOR TRAITS IN THE VEGETABLE SOLANACEAE CROPS

O.G. Babak*, N.A. Nekrashevich, N.V. Anisimova, K.K. Yatsevich, E.V. Drozd,
A.V. Kilchevsky

Institute of Genetics and Cytology of the National Academy of Sciences of Belarus,
Minsk, Republic of Belarus, *babak_olga@mail.ru

Опираясь на закон гомологических рядов наследственной изменчивости Н.И. Вавилова, многие исследователи для поиска молекулярных маркеров того или иного признака обращаются к уже известным генетическим аллелям, связанным с проявлением признака у данного вида, у близких родственных видов или у культур, являющихся модельными в генетическом анализе, таких как *Arabidopsis thaliana*, *Zea mays*. С использованием генетических баз данных осуществляется поиск близких по структуре последовательностей и их секвенирование у образцов с различным проявлением изучаемого признака. Оценив связь между выявленными изменениями структуры аллелей и проявлением признака на широком материале, выбирается тот вариант генетического полиморфизма, на основе которого разрабатывается молекулярный маркер.

В семействе пасленовых наиболее изученной в генетическом плане овощной культурой является *Solanum lycopersicum*. В ранее выполненных наших исследованиях по изучению полиморфизма генов R2R3-MYB транскрипционного фактора, регулирующего уровень накопления антоцианов в растениях, с использованием вышеописанного подхода выявлены наиболее близкие к гену *Anthocyanin1 Solanum lycopersicum* по нуклеотидному составу последовательности *Myb113-like 1* и *Myb113-like 2* у *Capsicum annuum*, а также *Myb1* у *Solanum melongena*; изучены генетические полиморфизмы экзонной области данных генов, приводящие к изменению структуры кодируемого белка и нарушению процесса биосинтеза антоцианов в плодах и вегетативных органах (Бабак, 2019), к изменению уровня экспрессии данных генов (Бабак, 2022).

В данной публикации представлены результаты по изучению полиморфизма гена *Golden 2-like (GLK)* MYB транскрипционного фактора, связанного с накоплением и распределением пигментов в растении у *Solanum lycopersicum*. Ранее в литературе (Powell, 2012) были описаны у томата два аллеля данного гена, связанных с различными фенотипами. Нормальный аллель (*U*) обеспечивает высокое накопление хлорофиллов и каротиноидов в плодах, особенно у плодоножки плода, образуя так называемые ярко выраженные «плечи». Однонуклеотидная инсерция аденина (A) в экзонной части гена *GLK* тесно связана с другим известным фенотипом – *uniform ripening (u)*. Плод на стадии технической спелости имеет равномерную бледно-зеленую окраску и низкое накопление каротиноидов при созревании. Данная мутация приводит к сдвигу рамки считывания и образованию нефункционального белка. Нами разработан SCAR-маркер *u-7A*, позволяющий идентифицировать формы томата с аллелем *u* в генотипе. Фенотипическая оценка широкой коллекции форм томата по признаку накопления и распределения пигментов на стадии технической спелости выявила новые фенотипы, отличные от двух

вышеописанных. В связи с чем целью нашей работы был поиск нового полиморфизма гена *GLK*. На основе секвенирования форм томата с различным характером распределения пигментов в плодах выявлен новый полиморфизм гена *GLK* по сравнению с нормальным аллелем *U* – 4 SNP (1 в экзонной и 3 в интронной области), 2 однонуклеотидные вставки (в интронной области), делеция размером 52 п.о., затрагивающая область конца второго экзона – начала второго интрона. По результатам секвенирования РНК различных аллелей гена *GLK* показано, что у нового найденного аллеля происходит нарушение сплайсинга и выпадение второго экзона, что приводит к синтезу усеченной белковой последовательности. Новый аллель назван нами *U-del52*. Разработан SCAR-маркер (*U-del52*) для его выявления. Для изучения фенотипического проявления аллеля *U-del52* и эффективности разработанного маркера проведено ДНК-типирование 157 образцов популяции F₂ гибрида Индиго (*U*, *Ant1*) × Дачный (аллель *U-del52*, *ant1*) с помощью маркера *U-del52*. В результате сопоставления данных молекулярного маркирования и фенотипа изучаемых форм установлено, что плоды форм с гомозиготным аллелем *U-del52* имели на стадии технической спелости светло-зеленые плоды со слабым увеличением концентрации хлорофилла у плодоножки. Наличие аллеля *Anthocyanin 1 (Ant1)* у родительской формы Индиго позволило также оценить в расщепляющейся популяции характер накопления антоцианов в плодах в зависимости от комбинации аллелей *U* и *U-del52* гена *GLK* и аллеля *Ant1*. Так, было установлена более высокая концентрация антоциана у плодоножки у форм с сочетанием аллелей *U* и *Ant1*, а также низкая концентрация и равномерное распределение по поверхности плода у образцов с аллелями *U-del52* и *Ant1*.

Таким образом, в результате исследований найден новый аллель гена транскрипционного фактора *Golden 2-like*, а также показана связь данного гена с характером распределения антоцианов в плодах. Полученные результаты позволяют расширить понимание генетических закономерностей накопления пигментов в плодах томата.

ПАСЛЕН КАРОЛИНСКИЙ (*SOLANUM CAROLINENSE* L.): ОСОБЕННОСТИ ФУНКЦИОНАЛЬНОЙ АНАТОМИИ ЛИСТА И ХЛОРОПЛАСТНОГО ГЕНОМА

Е.А. Володина^{1,2}, Ю.Ю. Кулакова¹, О.Б. Добровольская^{1,2}

¹ Всероссийский центр карантина растений, Быково, Московская область, Россия,
jugem14@gmail.com

² Российский университет дружбы народов, Москва, Россия

CAROLINA HORSENETTLE (*SOLANUM CAROLINENSE* L.): FEATURES OF THE LEAF FUNCTIONAL ANATOMY AND CHLOROPLAST GENOME

E.A. Volodina^{1,2}, Y.Y. Kulakova¹, O.B. Dobrovolskaya^{1,2}

¹ All-Russian Plant Quarantine Center, Bykovo, Moscow Province, Russia,
jugem14@gmail.com

² Peoples' Friendship University of Russia, Moscow, Russia

Паслен каролинский (*Solanum carolinense* L.) – многолетнее корнеотпрысковое травянистое растение североамериканского происхождения, представитель семейства Solanaceae. Является инвазивным сорным растением для многих стран мира, в некоторых из них получил статус карантинного объекта (страны ЕАЭС, Чили, Мексика, Израиль, Грузия, Иордания, Узбекистан, Азербайджан, Швейцария, Украина, некоторые страны ЕОКЗР). В Российской Федерации вид отсутствует, но существует риск его проникновения в составе импортных партий семенного и продовольственного материалов, а также естественными путями распространения из прилегающих территорий. Может засорять посевы различных сельскохозяйственных культур (зерновые культуры, кукурузу, картофель, сою, томаты, многолетние травы); встречается по чайным плантациям, в садах, на пастбищах. Является альтернативным хозяином для вредителей и возбудителей заболеваний культурных растений, в том числе вируса мозаики картофеля и томатов.

Целью нашего исследования является поиск морфологических и генетических маркеров для разработки надежных методов идентификации. В исследовании проанализировано 133 образца из более чем 40 видов, принадлежащих роду *Solanum* L. Материалом для исследования послужили гербарные образцы разного происхождения, хранящиеся в ведущих научных центрах РФ (США (МНА, LE), Марокко (МНА), Греции (МНА), Азербайджан (MW), Мексика (LE), Аргентина (LE), Испания (LE), Австралия (LE), Франция (LE), Индонезия (LE), Колумбия (LE), Парагвай (LE), Россия (LE), Африканские страны (LE)), а также полевые сборы из Вьетнама, Японии, Абхазии, Кении, Мексики, Аргентины, России.

Функциональный анализ листьев пасленовых проводили методом сканирующей электронной микроскопии при помощи Hitachi TM4000 Plus 00. Первичные структуры ДНК были получены для более чем 90 образцов из различных областей хлоропластного генома. Был проанализирован характер опушения листьев у 72 образцов, принадлежащих 27 видам пасленов. В исследовании проанализированы такие характеристики опушения как: интенсивность (густота) опушения, тип и размер трихом, количество боковых лучей звездчатых трихом. Выявленные видовые признаки трихом *Solanum carolinense* могут быть использованы для более точной и быстрой идентификации этого растения.

Проведен анализ участков хлоропластного генома, таких как *ndnf-rpl32*, *matK*, *trnL-trnT*, *rpoC2*, *ycf1*, *pcbC-lnbA*, *ycf3-psA*, *ycf2-ndhF*. Исследование выявило уникальные для Паслена каролинского однонуклеотидные полиморфизмы. Так же у этого вида был обнаружен полностью консервативный участок, специфичность которого будет уточнена в дальнейшем. Всестороннее изучение этих полиморфизмов может помочь лучше понять филогенетическую структуру рода *Solanum* и облегчить идентификацию карантинных видов.

СОХРАНЕНИЕ И ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ГЕНЕТИЧЕСКОГО РАЗНООБРАЗИЯ КУЛЬТУРЫ ТОМАТА ДЛЯ ОБЕСПЕЧЕНИЯ ПРОДОВОЛЬСТВЕННОЙ БЕЗОПАСНОСТИ СТРАНЫ

С.А. Володина, А.В. Гулин, О.П. Кигашпаева, Л.П. Лаврова, В.Ю. Джабраилова
Прикаспийский аграрный федеральный научный центр Российской академии наук,
Всероссийский научно-исследовательский институт орошаемого овощеводства
и бахчеводства – филиал ПАН, Камызяк, Россия, vniiob@mail.ru

PRESERVATION AND USE OF TOMATO GENETIC DIVERSITY TO ENSURE THE COUNTRY'S FOOD SECURITY

S.A. Volodina, A.V. Gulin, O.P. Kigashpaeva, L.P. Lavrova, V.Yu. Dzhabrailova
Caspian Agrarian Federal Scientific Center of the Russian Academy of Sciences, All-Russian
Research Institute of Irrigated Vegetable and Melon Growing – branch of the Caspian Agrarian
Federal Research Center of the Russian Academy of Sciences, Kamyzyak, Russia,
vniiob@mail.ru

Генетические ресурсы – ценный стратегически важный капитал любой страны, связанный с решением вопросов продовольственной, природоохранной и биологической безопасности. Изучение, сохранение и эффективное использование генофонда и генетического разнообразия растений является национальной задачей и залогом успеха, развития и устойчивости сельскохозяйственного производства, а выведение новых отечественных сортов различного целевого назначения на основе выявления и использования генов, несущих в себе наиболее ценные хозяйственные признаки, представляет собой основу продовольственной, экологической и социальной безопасности.

Всероссийским НИИ орошаемого овощеводства и бахчеводства – филиал ФГБНУ «ПАН» за многолетний период работы накоплен большой потенциал генетических ресурсов, представляющих собой ценный материал для плодотворной селекционной работы. Научные исследования по поиску, изучению, сохранению и использованию в качестве доноров новых ценных признаков сортов, гибридов и селекционных образцов позволили селекционерам института создать и внести в Государственный реестр селекционных достижений более 90 сортов сельскохозяйственных культур, в том числе более 60 сортов томата для различных направлений использования, имеющих разнообразную форму, размер, окраску плода, относящихся к различным группам скороспелости, с высокой урожайностью и товарностью плодов, устойчивых к болезням, цветковым паразитам и экстремальным факторам среды.

Как известно, сорта томата имеют различный тип растения, каждый из которых обозначается своим символом («sp» – обыкновенный, «d» – штамбовый, «с» – картофельный).

К наиболее ценным донорам изучаемых признаков из коллекции генетических ресурсов института относится созданный селекционерами ВНИИООБ сорт томата 'Бахтемир', несущий в себе уникальный ген устойчивости к цветковому паразиту заразиа египетская (*Orobanche aegyptiaca*), названный – ген Ога. На его основе учеными института создана линейка сортов томата ('Астраханский', 'Юрьевский', 'Транс Новинка' и др.), характеризующихся, наряду с высокой устойчивостью к заразиа египетской, устойчивостью к вершинной гнили, вирусу табачной мозаики и растрескиванию плодов. Источниками генов высокой урожайности и массы плодов (200–300 г) округло-овальной формы (ген о+), сочетающихся с высокой плотностью кожицы и хорошей сохранностью плодов, являются сорта томата селекции ВНИИООБ салатного типа с красной – 'Бульдог',

‘Авдеевский’ (sp, rt), малиновой – ‘Малиновый шар’ (sp, y) и желтой – ‘Хорс’ (sp, rt) окраской. Носителями генетического разнообразия из коллекции ВНИИООБ являются также сорта томата со сливовидной формой плода (символ «o»), растения обыкновенного типа – «sp», с различной окраской и символами обозначения: красные – ‘Моряна’, ‘Рычанский’ (sp, rt+), малиновые – ‘Малиновка’, ‘Супергол малиновый’ (y), желтые – ‘Оранжевый Авюри’ (rt). Оригинальной окраской характеризуются сорта селекции ВНИИООБ штамбового типа (ген d), несущие в себе ген полосатости плодов «gs». Это сорта ‘Обольститель’ (гены rt+, o+, gs), ‘Малиновая заря’ (гены y, o+, gs), ‘Радуга’ (гены rt+, o, gs), Лучистый (гены y, o, gs). Имеют большой практический интерес в селекционной работе гены, определяющие различные сроки созревания плодов томата: ранний и среднеранний (TR-1) – у сортов ‘Аран’, ‘Майский’, ‘Каспий’, ‘Моряна’, ‘Рановик’ и др.; средний (TR-2) – у сортов ‘Астраханский’, ‘Юрьевский’, ‘Каспиец’, ‘Марафон’ и др.; поздний (TR-3) – у сортов ‘Ревизор’, ‘Красный чемпион’.

Кроме того, в базе генетических ресурсов института по культуре томата имеются ген-доноры и ген-источники признаков наличия (j+) и отсутствия (j⁻²) сочленения у плодоножки; наличия (u+) и отсутствия (u) зеленого пятна у основания плода и другие.

Таким образом, имеющаяся в институте база генетического разнообразия ценных морфологических и хозяйственных признаков томата, представляет широкую возможность ее использования в селекционной работе при создании новых конкурентоспособных сортов и гибридов.

Селекционеры ВНИИООБ вносят свой вклад в обеспечение отрасли отечественного овощеводства высококачественным семенным материалом в рамках выполнения государственных задач по продовольственной безопасности и импортозамещению.

ИЗУЧЕНИЕ УСТОЙЧИВОСТИ КОЛЛЕКЦИИ САЛАТА *LACTUCA L.* К СЕРОЙ ГНИЛИ (*BOTRYTIS CINEREA*) В УСЛОВИЯХ ЛЕНИНГРАДСКОЙ ОБЛАСТИ

М.М. Игумнова

Федеральный исследовательский центр Всероссийский институт генетических ресурсов растений имени Н.И. Вавилова, Санкт-Петербург, Россия, mari.igumnova.88@bk.ru

STUDYING RESISTANCE OF THE LETTUCE (*LACTUCA L.*) COLLECTION TO GRAY ROT (*BOTRYTIS CINEREA*) IN LENINGRAD PROVINCE

M.M. Igumnova

N.I. Vavilov All-Russian Institute of Plant Genetic Resources, St. Petersburg, Russia,
mari.igumnova.88@bk.ru

Салат посевной (*Lactuca sativa* L.) – популярная в мире коммерчески важная овощная культура семейства Compositae = Asteraceae (Сложноцветные = Астровые). Род включает не менее 98 видов (Лебеда и др., 2004), распространённых по всему миру, но в основном в умеренном поясе Евразии.

В настоящее время мировая коллекция салата ВИР насчитывает всего 2497 образцов, в том числе 1313 образца в постоянном каталоге. Первые 810 образцов, положивших начало коллекции, поступили в 1924–1929 гг. Это были образцы, собранные экспедициями ВИР под руководством Н.И. Вавилова в Афганистане (1924 г.) и в странах Средиземноморья, а также образцы, полученные от селекционных фирм Нидерландов, Германии, Франции, Америки и Англии. Впоследствии коллекция постоянно пополнялась как за счет экспедиционных сборов на территории России и за рубежом, так и посредством обмена образцами с учреждениями – оригинаторами. В настоящее время коллекция представлена образцами из 74 стран мира, наибольшее количество которых поступило из Нидерландов, США, Франции, Италии, Венгрии.

Дикие сородичи *L. sativa*, согласно обоснованным Н.И. Вавиловым и П.М. Жуковским постулатам сопряженной эволюции патогена и растения-хозяина на их совместной родине, – ценный исходный материал для создания устойчивых к биотическим факторам сортов культурного салата, который практически повсеместно поражается комплексом болезней, существенно снижающих товарные качества, урожайность и семенную продуктивность растений. В коллекции салата ВИР зарегистрировано 24 образца диких видов салата: *L. livida* Boiss. & Reut.; *L. saligna* L.; *L. virosa* L.; *L. dregeana* DC.; *L. serriola* L.; *L. altaica* Fischh & C.A. Mey. Современные методы селекции салата основаны на использовании диких видов.

В 2022 г. в условиях защищенного грунта – на территории НПБ «Пушкинские и Павловские лаборатории ВИР» оценили 20 образцов дикого и культурного салата на устойчивость к серой гнили (*Botrytis cinerea*): *L. serriola* (вр.к.-2631, Грузия), *L. serriola* (вр.к.-3136, Россия), *L. saligna* (и:638438, Италия), *L. scariola* L. (вр.к.-654, Казахстан), *L. virosa* L. (и:638443, Германия), *L. perennis* L. (и:638444, Германия), *L. georgica* Grossh. (и:638445, Германия). Оценили представителей четырех разновидностей культурного салата *L. sativa* var. *sativa*, *L. sativa* var. *angustana*, *L. sativa* var. *longifolia*, *L. sativa* var. *capitata* из разных стран мира. Посев образцов салата был в первой декаде марта в остекленной теплице при относительно пониженных температурах и высокой влажностью воздуха. Оценку образцов осуществляли по методическим указаниям ВИР (1967). В первую очередь поражение распространялось на листьях нижнего яруса, со слабой или средней степенью поражения.

Серая гниль массово поражала многие образцы культурного салата в фазы «техническая спелость» и «начало стеблевания», однако, нами выделены устойчивые

образцы и определены некоторые закономерности приуроченности устойчивости к ботаническим разновидностям. Сильно восприимчивыми оказались растения маслянистого салата, а также большинство образцов кочанной разновидности. Так, восприимчивостью сильной степени отличались кочанные сорта 'Yecla', 'Fairly' и салат ромен 'Юкатан'. В меньшей степени поражаются серой гнилью сорта различных разновидностей с приподнятой формой розетки. Все изученные листовые сорта салата и отдельные кочанные, такие как 'Nanda', 'Nero', 'Romo', 'Буржуй', 'Knoy ball' проявили устойчивость к серой гнили.

Все изученные дикие виды *Lactuca* L. характеризовались высокой степенью устойчивости.

Таким образом, в результате проведенных исследований нами подтверждено, что дикие виды *Lactuca* представляют практическую ценность для создания сортов культурного салата с устойчивостью к серой гнили (*B. cinerea*) в провоцирующих проявление болезни условиях теплицы. Также, в условиях Ленинградской области практическую ценность для селекционных программ на иммунитет выделились образцы 'Nanda' (к-2073, Нидерланды), 'Nero' (вр.к.-2102, США), 'Romo' (вр.к.-2104, США), 'Буржуй' (вр.к.-3348, Россия), 'Knoy ball' (вр.к.-3387, Китай), 'Дербентский местный' (вр.3347, Россия), 'Бразильский карнавал' (вр.к-3349, Россия), 'Балет' (к-1867, Россия), 'Вон-сун' (к-1275, Китай), 'Листовой' (к-1161, Россия).

Работа выполнена в рамках государственного задания согласно тематическому плану ВИР по проект № FGEM-2022-0012 «Клеточные технологии для расширения селекционного потенциала культур овощного направления использования».

КОЛЛЕКЦИЯ ГЕНЕТИЧЕСКОГО РАЗНООБРАЗИЯ *CAPSICUM ANNUUM* L. И ЕЕ ИСПОЛЬЗОВАНИЕ В СОЗДАНИИ НОВЫХ СОРТОВ ПЕРЦА СЛАДКОГО

А.С. Каракаджиев, О.П. Кигашпаева, А.В. Гулин, М.В. Муканов

Прикаспийский аграрный федеральный научный центр Российской академии наук,
Всероссийский научно-исследовательский институт орошаемого овощеводства
и бахчеводства – филиал ПАН, Камызяк, Россия, vniiob@mail.ru

THE COLLECTION OF *CAPSICUM ANNUUM* L. GENETIC DIVERSITY AND ITS USE IN THE DEVELOPMENT OF NEW SWEET PEPPER CULTIVARS

A.S. Karakadzhiev, O.P. Kigashpaeva, A.V. Gulin, M.V. Mukanov

Caspian Agrarian Federal Scientific Center of the Russian Academy of Sciences, All-Russian
Research Institute of Irrigated Vegetable and Melon Growing – branch of the Caspian Agrarian
Federal Research Center of the Russian Academy of Sciences, Kamyzyak, Russia,
vniiob@mail.ru

Основным материалом в селекционной работе по созданию сортов и гибридов сельскохозяйственных растений являются генетические ресурсы и диапазон возможных направлений их использования. Успех селекционной работы, в существенной степени, зависит от разнообразия имеющегося у селекционера исходного генетического материала. При создании новых сортов с требуемыми хозяйственно ценными признаками и высокой устойчивостью к неблагоприятным факторам широко используется генетический материал, содержащийся в уже созданных ранее и находящихся в использовании сортах сельскохозяйственных культур.

Культура перца сладкого *Capsicum annuum* L. относится к числу наиболее ценных овощных культур. Плоды содержат большую группу витаминов, минеральных веществ, сахаров, в т. ч. аскорбиновую кислоту и каротин, что характеризует его как поливитаминный продукт питания. Селекционная работа и научные исследования по созданию и расширению генофонда этой культуры, в т. ч. методом интродукции, проводятся во Всероссийском НИИ орошаемого овощеводства и бахчеводства более 30 лет. За этот период институтом создано и внесено в Государственный реестр селекционных достижений более 15 сортов перца сладкого с широким набором хозяйственно ценных признаков. В качестве исходного материала при создании сортов используются образцы, полученные из коллекции ВИР, генетический материал собственных селекционных линий, сорта и гибриды различных селекционно-семеноводческих фирм, образцы плодов, приобретенных в розничной торговле.

Приоритетным направлением селекционной работы ученых института является создание и внедрение в производство новых высокоурожайных, с высокими вкусовыми и питательными качествами сортов и гибридов перца сладкого, способных удовлетворить запросы промышленности и потребителей, с различным размером, формой, массой и окраской поверхности плода, толщиной стенки, высоким содержанием аскорбиновой кислоты.

В сформированной за многие годы работы института базе генетических ресурсов перца сладкого содержатся различные генетические источники ценных хозяйственных признаков, используемые при создании новых сортов и представляющие интерес в дальнейшей селекции: для получения плодов конусовидно – конической формы с различной интенсивностью зеленой (в технической спелости) и ярко-красной окраски (в биологической спелости) у сортов 'Мраморный', 'Зарница', 'Классика'; плодов с оранжевой – сорт 'Оранжевый классик', фиолетовой (в технической) и бордово-красной (в биологической спелости) окраской плодов – сорт 'Цыганский барон', при различных массе плодов и сроках созревания. Высокой ценностью обладают генетические источники

получения плодов кубовидно-призматической формы с темно-зеленой окраской (в технической) и темно-красной матовой (в биологической спелости) – ‘Дар Каспия’, светло-желтой (в технической) и ало-красной глянцевой (в биологической спелости) – ‘Новичок ВНИИОБ’, темно-зеленой (в технической) и ярко-желтой глянцевой (в биологической степени спелости) – ‘Профессор Авдеев’. Заслуживают внимания оригинальные генетические источники образования плодов округлой приплюснутой формы с темно-зеленой окраской (в технической) и оранжевой (в биологической спелости) – ‘Атомор’, томатовидной формы с зеленой (в технической) и красной (в биологической спелости) – ‘Спринтер’, зеленой (в технической) и желтой (в биологической спелости) – ‘Людмила’, имеющие при этом очень ценные признаки: толстую стенку (0,8–1,2 см) и отсутствие в плодах воздушных полостей, а также генетические источники образования мини плодов массой 25–30 г конусовидной формы красной окраски – сорт ‘Малютка’ и округлой формы оранжевой окраски – сорт ‘Золотистая малютка’.

Использование генетических ресурсов сортов перца сладкого с различным набором ценных хозяйственных признаков и их комбинации способствует расширению ассортимента, повышению урожайности и качества продукции, совершенствованию структуры и полноценности питания населения, а вовлечение имеющейся коллекции генетических ресурсов ВНИИООБ в селекционный процесс позволяет ученым института создавать новые сорта и гибриды перца сладкого отечественной селекции в рамках выполнения Доктрины продовольственной безопасности и импортозамещения.

ИСХОДНЫЙ МАТЕРИАЛ ДЛЯ СОЗДАНИЯ СОРТОВ КАПУСТЫ БЕЛОКОЧАННОЙ ДЛЯ МУССОННОГО КЛИМАТА ЮГА ПРИМОРСКОГО КРАЯ

Н.В. Лапина

Федеральный научный центр овощеводства, Приморская овощная опытная станция –
филиал ФНЦО, Приморский край, Россия, Lapina_nata61@mail.ru

SOURCE MATERIAL FOR THE DEVELOPMENT OF WHITE CABBAGE CULTIVARS FOR THE MONSOON CLIMATE IN THE SOUTH OF PRIMORSKY TERRITORY

N.V. Lapina

Federal Scientific Vegetable Center, Primorsky Vegetable Experimental Station,
branch of the FSVC, Primorsky Territory, Russia, Lapina_nata61@mail.ru

Капуста белокочанная для России, в том числе и для Дальнего Востока, является одной из основных среди овощных культур, составляя 20%.

Цель селекции по капусте белокочанной на Приморской ООС – создание среднепозднего сорта с урожайностью 60–65 т/га, относительно устойчивого к бактериальным заболеваниям, с высокими вкусовыми и потребительскими качествами.

В коллекционном питомнике за 2021–2022 гг. было изучено 20 образцов.

По итогам двух лет изучения коллекционного материала для использования в селекционных процессах можно рекомендовать голландские гибриды F₁ Дискавер (общая урожайность 47,6 т/га), SG 3352 (39,1 т/га), 2016 ДМ (39,8 т/га), Тайфун (38,2 т/га), как имеющие наибольшую общую урожайность и высокую товарность кочанов среди изученных образцов.

Среди образцов селекционного питомника (9 образцов) выделился номер 17с, имеющий относительно высокую общую урожайность (51,5 т/га) и товарность (92,8%).

В конкурсном питомнике из трех испытываемых образцов выделился номер 2к с общей урожайностью 41,9 т/га и товарностью 86,9%.

Испытание лучших отобранных образцов будет продолжено по принятой схеме селекционного процесса в последующие годы.

ИСХОДНЫЙ МАТЕРИАЛ ПРИ СЕЛЕКЦИИ КОРНЕПЛОДОВ В УСЛОВИЯХ ДАЛЬНЕГО ВОСТОКА

Ю.Г. Михеев, Н.А. Сакара

Федеральный научный центр овощеводства, Приморская овощная опытная станция – филиал ФНЦО, Приморский край, Россия, jgmiheev53@mail.ru

SOURCE MATERIAL FOR THE ROOT CROP BREEDING IN THE FAR EAST

Y.G. Mikheev, N.A. Sakara

Federal Scientific Vegetable Center, Primorsky Vegetable Experimental Station, branch of the FSVC, Primorsky Territory, Russia, jgmiheev53@mail.ru

Морковь является главной овощной культурой семейства зонтичных, наибольшие посевные площади которой сосредоточены в Азии (28%), особенно в Китае и Японии. В Европе морковь широко распространена в Польше, Франции, Великобритании и Германии.

На Дальнем Востоке России при площади под овощами до 24,5 тыс. га, под морковь отводится до 16,7% и столовую свеклу до 12,6%. В Приморском крае посевные площади под овощами занимают до 10 тыс. га, из которых морковь составляет до 14,8%, а столовая свекла – до 10,0%.

Задачи селекции моркови и свеклы на Приморской ООС были обусловлены тем, что лучшие инорайонные сорта в условиях муссонного климата, начиная с середины 80-х годов прошлого века, стали сильно поражаться грибными и бактериальными болезнями, снижая урожайность корнеплодов до 80% и выше. В связи с этим в программу селекции вошла оценка исходного материала и отбор на устойчивость.

За 30-летний период исследований нами было изучено свыше 900 сортообразцов моркови и столовой свеклы, переданных из генофонда Всероссийский институт генетических ресурсов растений имени Н.И. Вавилова (ВИР), ряда российских научно-исследовательских учреждений и опытных станций, образцы из Южной Кореи, Японии (приграничное сотрудничество федерации «Хоккурэн») и Китая (сотрудничество в области селекции овощных культур с Яньтайской академией сельскохозяйственных наук).

Из изученных сортообразцов моркови, около 10% имели слабую восприимчивость к альтернариозу, более 30% относились к средневосприимчивым, и 55% были отнесены к сильновосприимчивым к поражению патогенами. Наибольшую ценность из выделенных образцов представляли сортообразцы со слабой восприимчивостью. Но в качестве генисточников хозяйственно ценных признаков в селекционный процесс включались и средневосприимчивые. Наибольшее количество сортообразцов с высокими хозяйственно ценными признаками были выделены из стран Азиатско-Тихоокеанского региона (Япония, Китай, Южная Корея), и Голландии (преимущественно гибриды F₁, отличающиеся выравненностью, товарностью корнеплодов и повышенным содержанием каротина).

С поражением ботвы до 1-2 баллов были выделены образцы из Японии (Asubeni Cosun, Yokingsi Cosum, Fukinaki Cosum), Китая (Го Же Сянь, Хулубей, Nanzin Benewizin), Южной Кореи (Chamjoeum), Литвы (Шатрия).

Со средней восприимчивостью к патогенной микрофлоре выделены образцы российского происхождения (Леандр, НИЖ F₁, Стелла), Японии (Magame San Sun, Senkon Sapporo Futo, Toronowa Kuroda, Yokinosi Cosum), Китая (Сенсэй), Голландии (Канада F₁, Найджел F₁, Кьюпар F₁, Карсон F₁).

На основе использования лучших образцов как генисточников важных хозяйственно ценных признаков, были созданы перспективные сорта Тайфун (сортотип

Шантенэ), Суражевская 1 (сортотип Флакк), и гибрид F₁ Форвард, включенные в Госреестр селекционных достижений РФ по 12 региону.

С 1988 по 2021 гг. на Приморской овощной опытной станции было изучено более 470 образцов свеклы столовой разного эколого-географического происхождения. Особое внимание было уделено поиску, изучению и выделению сортообразцов с высоким иммунитетом и последующим использованием их в качестве исходных родительских форм в селекционной работе.

Оценка сортообразцов к патогенам не выявила абсолютно устойчивых. Из изученных нами слабую восприимчивость к поражению имели около 8–10%, которые были привлечены в качестве генисточников селекционно значимых признаков. Более 60% имели сильную восприимчивость к патогенам, но часть из них привлекались в селекционный процесс из-за высоких показателей хозяйственно ценных признаков.

Наибольшее количество сортообразцов с относительно высокой устойчивостью к патогенезу выделены из России (Двусемянная ТСХА, Ленинградская округлая), Канады (Long Season, Zittle mini Ball), и США (Pakemaker, King Red). По урожайности и товарности корнеплодов с повышенной толерантностью к патогену выделены сортообразцы из США (Detwit Dark Red, Fire Chief, Red Barron), Голландии (Monoking Explorer, Detroit Rubidius RS, Ran Uniball), Швеции (Adoptiv, Wina), Франции (Rouge Globe), Финляндии (Mona), России (Красный шар), Литвы (Айняй).

По лежкости и сохранности корнеплодов при зимнем хранении выделены образцы из России (Салатная, Валента), США (Cardenal, Ohio Canner), Швеции (Adoptiv, Rubia), Голландии (Cula, Regala), Литвы (Невежис), Испании (Rosa Detroit), Дании (Foromo).

На основе выделенных генотипов были определены сортотипы (Бордо и Гранат), наиболее пригодные для выращивания в условиях муссонного климата Дальнего Востока. С учетом выделившихся генотипов, определяющих и несущих желательный хозяйственно ценный признак по продуктивным качествам, их устойчивости к неблагоприятным факторам муссонного климата, были созданы высокопродуктивные сорта Успех (сортотип Бордо) и Приморская цилиндрическая (сортотип Гранат), Приморская 4 (сортотип Бордо), которые включены в Государственный реестр РФ по 12 региону.

По созданными нами сортами и гибридами моркови и столовой свеклы осуществляется оригинальное и репродуктивное семеноводство в промышленном и частном овощеводстве Дальнего Востока России.

МЕЖВИДОВАЯ ГИБРИДИЗАЦИЯ – МЕТОД УВЕЛИЧЕНИЯ БИОРАЗНООБРАЗИЯ ЛУКОВЫХ КУЛЬТУР

В.С. Романов*, О.В. Романов, В.Ф. Пивоваров, А.В. Солдатенко
Федеральный научный центр овощеводства, Московская область, Россия,
*romanov_valera@mail.ru

INTERSPECIFIC HYBRIDIZATION IS A METHOD OF INCREASING THE BIODIVERSITY OF *ALLIUM* CROPS

V.S. Romanov*, O.V. Romanov, V.F. Pivovarov, A.V. Soldatenko
Federal Scientific Vegetable Center, Moscow Province, Russia, *romanov_valera@mail.ru

Род *Allium* L. самый большой из семейства Луковых (Alliaceae J.K. Agardh.) класса Однодольных растений (Monocotyledineae) с огромным разнообразием морфологических признаков, адаптированных к различным климатическим условиям. Он включает около 1000 видов. Окультуривание лука улучшило его хозяйственные признаки, но при этом снизило его биоразнообразие, а также адаптацию к изменяющимся биотическим и абиотическим факторам среды. Гибридизация между дикорастущими и культурными видами рода *Allium* – лучший способ увеличения биоразнообразия за счет интрогрессии желаемых признаков внутри рода. Это ценно для таких признаков, как устойчивость к болезням и вредителям, накопление важных метаболитов, а также получения новых источников цитоплазматической мужской стерильности у селекционных линий. А создание на основе межвидовой гибридизации принципиально новых форм растений с уникальным генетическим материалом позволяет расширить рамки генотипической и фенотипической изменчивости. Благодаря этому увеличивается возможность отбора ценных в практическом отношении генотипов. Цель данной работы – изучить роль межвидовой гибридизации для увеличения биоразнообразия у основных видов лука.

Во ВНИИССОК (ныне ФГБНУ «Федеральный научный центр овощеводства») в скрещивании с луком репчатым участвовали многолетние луки рода *Allium*: – диплоидные ($2n=2x=16$): лук батун (*A. fistulosum* L.), лук алтайский (*A. altaicum* Pall.), лук Вавилова (*A. vavilovii* M. Pop. et Vved.); – тетраплоидные ($2n=4x=32$): лук шнитт (*A. schoenoprasum* L.), лук слизун (*A. nutans* L.). Растения из популяций видов *A. schoenoprasum*, *A. nutans* и *A. vavilovii* обладают высокой устойчивостью к ложной мучнистой росе или пероноспорозу (*Peronospora destructor* (Berk.) Casp.). Но они являются гетерогенными по признаку устойчивости, так как поражались болезнью в различной степени (от 0,5 до 2,0 баллов). Все растения *A. nutans* и отдельные растения *A. schoenoprasum* не имели поражения (0 баллов). Относительную устойчивость к пероноспорозу показывают виды *A. altaicum* и *A. fistulosum*. Этих виды проявляют различную степень поражения пероноспорозом (0,5 до 3,0 баллов), то есть также являются гетерогенными по данному признаку.

Созданные популяции F_{1-5} от скрещивания лука репчатого с изучаемыми многолетними луками по морфологическим признакам занимали промежуточное положение между родительскими видами. Были получены интрогрессивные многолетние формы межвидовых гибридов пять комбинаций скрещивания: *A. cepa* × *A. fistulosum*, *A. cepa* × *A. vavilovii*, *A. cepa* × *A. altaicum*, *A. cepa* × *A. schoenoprasum*, *A. cepa* × *A. nutans*.

Последовательное использование преодоления несовместимости в культуре *in vitro*, беккроссирование, инбридинг, кроссбридинг и индивидуального отбора позволило получить многолетние и луковичные формы лука. У этих форм оказалось высокое биоразнообразие форм и потенциал при отборе для создания сортов с благоприятными селекционно-ценными признаками (окраска, форма луковицы, содержание высоко растворимых и сухих веществ, устойчивость к грибным болезням).

Получение межвидовых гибридов, повышение фертильности у диплоидных форм и преодоления стерильности триплоидных гибридов F_1 , ВС от скрещиваний видов одинаковой и разной плоидности нескольких комбинаций скрещивания возможно только с использованием методов биотехнологии – методов эмбриокультуры *in vitro* и полиплоидии. Последовательное использование системы скрещиваний (гибридизация видов, насыщающие скрещивания, кроссбридинг, инбридинг, апомиксис), методов преодоления несовместимости (культура *in vitro*) и отбора позволило получить популяции многолетних и луковичных форм лука. На основе исследований по межвидовой гибридизации разработали схему технологических процессов создания и оценки исходных форм межвидовых гибридов лука, а также схемы получения исходного материала для селекции лука репчатого.

У популяций межвидовых гибридов лука высокое генетическое разнообразие и потенциал при отборе форм для создания сортов с благоприятными селекционно-ценными признаками (окраска сухих чешуй, форма луковицы, устойчивость к грибным болезням). Но из-за особенности биологии развития (дву-, трехлетний и многолетний цикл) луковых культур необходимо ускорять селекционный процесс. Ускорение создания селекционных форм возможно за счет получения гаплоидов и удвоенных гаплоидов, а также получением одного поколения за счет использования регулируемых условий фитотрона (климатических камер) совместно с защищенным грунтом, а также получение модного поколения лука за 1 год возможно на основе технологии культуры цветочных бутонов *in vitro*. Эти способы позволяют также увеличивать биоразнообразие форм у луковых культур.

ОЦЕНКА ФОТОХИМИЧЕСКОЙ АКТИВНОСТИ ФОТОСИСТЕМЫ II В ЛИСТЬЯХ *BRASSICA RAPA* L. ПРИ ВЫРАЩЕНИИ В УСЛОВИЯХ РАЭС

Д.В. Русаков, К.В. Егорова, Н.Г. Синявина, Ю.В. Чесноков
Агрофизический научно-исследовательский институт, Санкт-Петербург, Россия,
kseniia.v.egorova@gmail.com

EVALUATION OF PHOTOCHEMICAL ACTIVITY OF PHOTOSYSTEM II IN THE LEAVES OF *BRASSICA RAPA* L. GROWN IN A REGULATED AGROECOSYSTEM

D.V. Rusakov, K.V. Egorova, N.G. Sinyavina, Yu.V. Chesnokov
Agrophysical Research Institute, St. Petersburg, Russia, kseniia.v.egorova@gmail.com

Морфологические, физиологические и биохимические изменения в растениях приводят к изменениям в пигментном составе, что может быть выявлено при помощи неинвазивных оптических методов. Своевременная диагностика и исследование содержания фотосинтетических пигментов важны для определения питательной ценности, оценки урожайности и для принятия современных научных решений в области точного земледелия. Традиционные методы анализа пигментов посредством экстракции и спектрофотометрического измерения или с помощью ВЭЖХ требуют разрушения целостности листьев при анализе и, таким образом, не позволяют оценивать динамику изменения пигментного состава. Кроме того, эти методы время-, трудо- и финансовозатратны. Измерение спектральной отражательной способности при помощи РАМ-флуориметрии (pulse-amplitude modulated fluorometry), основанной на амплитудной модуляции, позволяет проводить точные измерения фотохимического квантового выхода фотосистем на основе кинетики тушения флуоресценции хлорофиллов (преимущественно хлорофилла *a*), входящих в состав светособирающих комплексов и реакционных центров фотосистем. Важно, что регистрация флуоресценции хлорофиллов осуществляется *in vivo*.

Выращивание растений на биополигоне Агрофизического научно-исследовательского института в условиях регулируемой агроэкосистемы (РАЭС), благодаря использованию современных систем регулирования микроклимата, позволяет моделировать конкретные параметры окружающей среды и выявить реакцию растений на действие определенных факторов.

Цель настоящей работы – изучение фотохимической активности фотосистемы II в листьях растений двух популяций линий удвоенных гаплоидов *Brassica rapa* L. и родительских образцов, выращенных в условиях РАЭС с моделированием 12-часового и 14-часового фотопериода.

В работе были использованы 3 родительских образца:

1. Японская корнеплодная репа (VT-115, сорт 'Kairyuu Nakata', k-CGN15199);
2. Листовая китайская капуста пак-чой (PC-175, сорт 'Nai Bai Cai', k-VO2BO226);
3. Масличный желтый сарсон (YS-143, k-FIL500)

и 2 популяции линий удвоенных гаплоидов: 19 линий ДН 30 и 38 линий ДН 38.

ДН 30 – Корнеплодная репа (VT-115) X Масличный желтый сарсон (YS-143);

ДН 38 – Листовая китайская капуста (PC-175) X Масличный желтый сарсон (YS-143).

Семена родительских образцов и линий удвоенных гаплоидов ДН 30 и ДН 38 предоставлены из коллекции Федерального исследовательского центра Всероссийского института генетических ресурсов растений имени Н.И. Вавилова (ВИР).

Растения выращивали в контролируемых условиях с моделированием 12-часового и 14-часового освещения. Остальные параметры поддерживали на оптимальном уровне.

На стадии начала перехода растений к цветению методом флуориметрии изучены основные характеристики активности фотосистемы II (ФС II).

С использованием импульсного модулирующего флуориметра MINI-PAM-II (Heinz Walz GmbH, Germany) проведены измерения параметров флуоресценции хлорофиллов (ФлХ):

F₀ – базовый уровень ФлХ при низкой интенсивности света, не вызывающей фотохимических реакций; **F_m** – максимальный уровень ФлХ, вызванный импульсом света после адаптации тканей к темноте; **F_m'** – максимальный уровень ФлХ, вызванный импульсом света после адаптации тканей к свету; **F_v** – «вариабельность» ФлХ, рассчитывается как разность F₀ и F_m; **F_v'** – «вариабельность» ФлХ, рассчитывается как разность F₀ и F_m'; **F_v/F_m** – максимальный фотохимический квантовый выход ФС II после адаптации тканей к темноте; **Y(II)**, или F_v' / F_m' – эффективный фотохимический квантовый выход ФС II после адаптации тканей к свету.

Максимальный фотохимический квантовый выход (F_v/F_m) – один из основных показателей работы фотосистемы. Его определяют как соотношение количества квантов, используемых в разделении зарядов, к общему количеству квантов, поглощенных светособирающими комплексами. Значения максимального фотохимического квантового выхода в листьях исследуемых растений варьировали от 0,780 до 0,852 мкмоль/м²·с.

Эффективный фотохимический квантовый выход (Y II) – показатель, позволяющий определить, какая часть энергии возбуждения молекул хлорофиллов, входящих в состав фотосистем, используется в процессе электронного транспорта. Эффективный фотохимический квантовый выход в листьях проанализированных растений варьировал от 0,105 до 0,329 мкмоль/м²·с.

Квантовый выход флуоресценции Y (NPQ) – показатель эффективности, с которой поглощенная энергия трансформируется в излучение по сравнению с процессами безизлучательной релаксации. Квантовый выход флуоресценции составил 0,044–0,314 мкмоль/м²·с.

Проведена оценка основных характеристик активности фотосистемы ФС II в листьях японской корнеплодной репы, листовой китайской капусты и масличного желтого сарсона. Для всех родительских образцов отмечено повышение показателя эффективного фотохимического квантового выхода в условиях более короткого 12-часового фотопериода. Для большинства ДН-линий не выявлено значимых и воспроизводимых различий между основными характеристиками функционирования фотосистемы II (ФС II) при выращивании в контролируемых условиях РАЭС с моделированием 12-часового и 14-часового фотопериода. Но при этом выявлены и такие ДН-линии, для которых отмечено значимое усиление активности фотосинтетического аппарата при выращивании на 12-часовом световом дне (30-6, 30-65, 38-13, 38-23, 38-65, 38-90, 38-123, 38-124), и те, для которых более высокие показатели фотохимической активности регистрировались в условиях 14-часового светового дня (30-44, 38-25, 38-65, 38-151, 38-189).

Полученные результаты указывают на необходимость продолжения исследований с использованием более контрастных условий по длине светового дня для более четкого разделения исследуемых линий по степени чувствительности ФС II к фотопериодическим условиям выращивания.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ СЛАДКИХ ПЕРЦЕВ РАЗНОЙ ОКРАСКИ В АРМЕНИИ

К.М. Сарикян^{1*}, Р.К. Симонян^{2}, В.А. Варданян^{2***}**

¹ Научный центр овощебахчевых и технических культур Министерства экономики Республики Армения, Арагатский район, Армения, *karuine_sarikyan@mail.ru

² Армянский государственный педагогический университет имени Хачатуря Абовяна, Ереван, Армения, **simonyanruzanna10@asp.u.am, ***vardanyanvarduhia-3@asp.u.am

RESULTS OF THE STUDY OF DIFFERENTLY COLORED SWEET PEPPERS IN ARMENIA

K.M. Sarikyan^{1*}, R.K. Simonyan^{2}, V.A. Vardanyan^{2***}**

¹ Scientific Centre of Vegetables and Industrial Crops of the Ministry of Economy of the Republic of Armenia, Ararat Region, Armenia, *karuine_sarikyan@mail.ru

² Armenian State Pedagogical University named after Khachatur Abovyan, Yerevan, Armenia, **simonyanruzanna10@asp.u.am, ***vardanyanvarduhia-3@asp.u.am

Для обеспечения населения сельскохозяйственными продуктами в настоящее время большое значение имеет организация воспроизводства производимого сырья, значительное увеличение его количества и обеспечение высоких показателей качества. Вопрос увеличения производства овощей в основном можно решить созданием высокопродуктивных сортов и гибридов, усовершенствованием технологии культивации, внедрением новых научных достижений и передового опыта. Сладкий перец – сельскохозяйственная культура разнообразного использования, обладает ценным биохимическим составом: содержит большое количество витамина С, витаминов группы В, РР₁, зольных элементов калия, кальция, фосфора, серы, железа, магния. Благодаря современным технологиям возделывания и хранения продукции, перец может использоваться в пищу круглый год. Он используется как в самостоятельных блюдах, так и в переработанном виде (консервы).

В настоящее время сладкий перец является одной из основных овощных культур в Армении. Благодаря ценным вкусовым и питательным качествам эта культура постепенно распространяется во всех регионах нашей страны. Наибольшее значение и распространение перцы имеют в зоне консервной промышленности.

Создание сортов и гибридов сладкого перца сочетающих в себе высокие качества урожайность и скороспелость, с разной окраской плодов, устойчивостью к биотическим и абиотическим факторам является первостепенной задачей селекции. Для решения этих задач необходимо ценный исходный материал из мировой коллекции сладких перцев. Один из держателей мировой гермоплазмы сладкого перца является Всемирный Центр Овощеводства (AVRDC), образцы которого впервые в Армении изучались нами.

С 2006 года в Армении нами изучается и испытывается гермоплазма, родительские формы, линии, доноры и перспективные полуфабрикаты из генбанка Всемирного Центра Овощеводства (AVRDC, Тайвань). По результатам селекции и сортоиспытаний получены перспективные сорта и гибриды, которые не имели аналогов в Армении. Практический интерес представляют образцы из крупноплодных разноцветных сладких перцев.

Исследования проводились в 2022 г. на экспериментальной базе Научного центра овощебахчевых и технических культур. Объектом исследования служили сорта перца сладкого 'Мили', 'Натали', 'Эмили'. Сортоизучение проводилось в четырехкратной повторности по методике Всемирного Центра Овощеводства (AVRDC). Площадь питания 70 × 30 см. Стандартом служил районированный сорт 'Ани'. Характеристика сортов описана по методике Bioversity International (IPGRI) и VIR (Дикий С.П.). Биохимический

состав плодов определяли: сухие вещества – весовым методом, сахара – по Бертрону, витамин «С» – по Мурри.

Результаты сортоизучения перца сладкого показывали, что период от всходов до технической спелости у сортов составил 119–133, до биологической спелости 134–148 дней.

Варьирование показателей по урожайности между изученными образцами составила от 319,4 до 610,5 ц/га, по средней массе плода от 78,3–160,2 граммов в фазе технической спелости и 263,4–569,8 ц/га и 95,5–183,24 граммов в фазе биологической спелости.

‘Натали’ – растения штамбовые, компактные, высотой 72 см. Плоды призмовидные, с темно-зеленой окраской в фазе технической спелости, оранжевые – в фазе биологической спелости. Плоды крупные. Содержание сухих веществ 7,9%, сахаров 3,1%, витамина С 101,52 мг% (техническая спелость), 12,4%, 4,8%, 185,30 мг% (биологическая спелость). Устойчив к болезням и вредителям.

‘Мири’ – растение штамбовое, компактное, высотой 75 см. Плоды призмовидные, с темно-зеленой окраской в фазе технической спелости, красные – в фазе биологической спелости. Плоды крупные. Содержание сухих веществ 8,4%, сахаров 3,5%, витамина С 85,68 мг% (техническая спелость), 11,5%, 5,2%, 174,28 мг% (биологическая спелость). Устойчив к болезням и вредителям.

Эмили – растение штамбовое, компактное, высотой 59 см. Плоды призмовидные, с темно-зеленой окраской в фазе технической спелости, желтые – в фазе биологической спелости. Плоды крупные. Содержание сухих веществ 7,4%, сахаров 3,3%, витамина С 109,60 мг% (техническая спелость), 11,3%, 4,5%, 189,25 мг% (биологическая спелость). Устойчив к болезням и вредителям.

ХАРАКТЕРИСТИКА ГЕНЕТИЧЕСКИХ РЕСУРСОВ ЛУКОВЫХ РАСТЕНИЙ ПО ОСНОВНЫМ ХОЗЯЙСТВЕННО ПОЛЕЗНЫМ ПРИЗНАКАМ И БИОХИМИЧЕСКИМ ПОКАЗАТЕЛЯМ В УСЛОВИЯХ НЕЧЕРНОЗЕМНОЙ ЗОНЫ РОССИИ

Т.М. Середин^{1*}, В.В. Шумилина^{2}, М.М. Марчева¹, А.Ф. Агафонов¹,
А.В. Молчанова¹**

¹ Федеральный научный центр овощеводства, Московская область, Россия, *timofey-seredin@rambler.ru

² Федеральный исследовательский центр Всероссийский институт генетических ресурсов растений имени Н.И. Вавилова, Санкт-Петербург, Россия, *v.shumilina@vir.nw.ru

DESCRIPTION OF ONION PLANT GENETIC RESOURCES ACCORDING TO THEIR MAIN AGRONOMIC CHARACTERS AND BIOCHEMICAL INDICATORS UNDER THE CONDITIONS OF THE NON-BLACK-EARTH ZONE OF RUSSIA

T.M. Seredin^{1*}, V.V. Shumilina^{2}, M.M. Marcheva¹, A.F. Agafonov¹, A.V. Molchanova¹**

¹ Federal Scientific Vegetable Center, Moscow Province, Russia, *timofey-seredin@rambler.ru

² N.I. Vavilov All-Russian Institute of Plant Genetic Resources, St. Petersburg, Russia,
**v.shumilina@vir.nw.ru

Луковых растений по подсчетам систематиков в мире около 900 видов, в России насчитывается около 300, из них 25 видов в культуре. Первая культура из всех луковых *Allium cepa* L. В Госреестре селекционных достижений, допущенных к использованию внесено 285 сортов и 290 гибридов лука репчатого. В наших исследованиях (2014–2022 годы) было изучено более 600 коллекционных образцов генетической коллекции ВИР отдела овощных культур. Основными хозяйственно полезными признаками в работе с луком репчатым в наших исследованиях были: масса луковицы, диаметр луковицы, форма и окраска луковицы, способность к длительному хранению и урожайность. По массе луковицы наибольший интерес в условиях Нечерноземной зоны России представляют образцы: вр.6112, вр.6113, к-3203. Изученные коллекционные образцы лука репчатого были представлены различным эколого-географическим происхождением: Казахстан, Тамбовская область, республика Дагестан, Северо-Западный регион и др. По форме луковицы образцы генетической коллекции ВИР представлены: округлая, овально-удлиненная, плоская, округло-плоская.

Совместная с отделом овощных культур ВИР в 2020 году получено авторское свидетельство на лук шалот 'Дачная соната'. Высокопродуктивный, устойчивый к пероноспорозу сорт, который подходит для выращивания как на луковицу, так и на зеленый лист. Ценность сорта состоит в том, что период хранения может достигать 14–16 месяцев и возможность посадки на зелень луковиц в период межсезонья (октябрь–март).

Коллекционный питомник чеснока озимого и ярового включает в себя 40 образцов генетической коллекции ВИР. В условиях 2021 года внесен в Госреестр селекционных достижений РФ сорт чеснока озимого 'Мелиоратор' при непосредственном участии в создании сорта отдела овощных культур ВИР. В 2022 году внесен в Госреестр сорт чеснока ярового 'Илларион', урожайный, устойчивый к болезням и вредителям сорт, с высокими биохимическими показателями качества луковиц и длительным периодом хранения без поражения болезнями.

По итогам исследований коллекционного питомника многолетних луков были выделены клоны лука краснеющего, лука многоярусного, лука батун и лука шнитт. В 2018 году по результатам исследований хозяйственной полезности в Госреестр селекционных достижений внесен сорт лука краснеющего 'Чародей'. Необходимо

отметить, что по всем основным биохимическим показателям последний превосходит в два-пять раз больше содержание сухого вещества, витамина С, сахаров и фотосинтетических пигментов по сравнению с ранее изученными луком косым, луком душистым. Проводя исследования коллекционных образцов многолетнего лука многоярусного, выделился образец с высоким уровнем зимостойкости, крупными воздушными луковичками (бульбочками), внесен в 2021 году в Госреестр под названием «Ионовец». Также внесен сорт лука причесночного или рокамболя «Царскосельский» как высокопродуктивный и пластичный. В условиях 2022 года испытание в Госсорткомиссии прошли лук батун 'Филадельфия' и лук шнитт 'Белый танец'. Сорт 'Филадельфия' был создан из выделившегося образца генетической коллекции ВИР для выращивания как в однолетней культуре, также и для многолетнего использования. Сорт лука шнитт 'Белый танец' выделился по высокой зимостойкости, относительной устойчивости к патогенам, хорошими пищевыми качествами, а также с оригинальными белыми соцветиями.

РЕЗУЛЬТАТЫ ЭКОЛОГИЧЕСКОГО ИСПЫТАНИЯ СОРТОВ ТОМАТА В РАЗЛИЧНЫХ ПОЧВЕННО-КЛИМАТИЧЕСКИХ УСЛОВИЯХ

Н.А. Синиченко¹, Г.А. Кузьмицкая²

¹ Федеральный научный центр овощеводства, Приморская овощная опытная станция – филиал ФНЦО, Приморский край, Россия, natsinichenko@mail.ru

² Хабаровский Федеральный исследовательский центр Дальневосточного отделения Российской академии наук, Дальневосточный научно-исследовательский институт сельского хозяйства – обособленное подразделение ХФИЦ ДВО РАН, Хабаровск, Россия, galina-kuzmitskaya@mail.ru

THE RESULTS OF ECOLOGICAL TESTING OF TOMATO CULTIVARS UNDER VARIOUS SOIL AND CLIMATIC CONDITIONS

N.A. Sinichenko¹, G.A. Kuzmitskaya²

¹ Federal Scientific Vegetable Center, Primorsky Vegetable Experimental Station, branch of the FSVC, Primorsky Territory, Russia, natsinichenko@mail.ru

² Khabarovsk Federal Research Center of the Far Eastern Branch of the Russian Academy of Sciences, Far Eastern Agricultural Research Institute, a separate subdivisions of the KhFRC FEB RAS, Khabarovsk, Russia, galina-kuzmitskaya@mail.ru

Томат – одна из наиболее значимых овощных культур в мире. Всего 1-2 съеденных томатных плода смогут полностью обеспечить суточную потребность человека в витаминах С, В₁, В₂, РР и др. Наиболее важными хозяйственно ценными признаками томата считаются продуктивность, устойчивость к вредоносным патогенам и качество плодов, которые в первую очередь зависят от почвенных и гидротермических условий выращивания. Цель наших исследований – оценка продуктивности и биохимического состава плодов томатов при выращивании в различных почвенно-климатических условиях. Объектами исследований являлись районированные по 12 региону сорта томата приморской селекции: раннеспелый – ‘Приморец’ и среднеспелые – ‘Топтыжка’, ‘Одиссей’, ‘Патрокл’, ‘Саммит’, ‘Фитилёк’ и ‘Посъет’. Исследования проводились в течение 2021–2022 гг. одновременно на селекционных участках Приморской ООС и Дальневосточного НИИСХ, различающиеся почвенными и климатическими условиями. Главные лимитирующие факторы выращивания томатов в обоих регионах – резко переменный гидротермический режим и высокий природный инфекционный фон, нередко создающие благоприятные условия для появления и дальнейшего развития различных вредоносных патогенов культуры. Установлено, что по темпам индивидуального развития все сорта соответствовали установленным группам спелости независимо от зоны возделывания. В Приморском крае все испытываемые сорта показали значения урожайности и товарности плодов в пределах 33,4–36,4 т/га и 88–96% соответственно. Исключение составили сорта ‘Топтыжка’ и ‘Патрокл’, урожайность которых оказалась на уровне 26,0 и 23,2 т/га соответственно, а товарность плодов не превышала 79–80%. В условиях муссонного климата Хабаровского края по урожайности (33,9–40,6 т/га) выделились сорта: ‘Саммит’, ‘Приморец’ и ‘Топтыжка’. Товарность плодов оказалась максимальной у сорта ‘Фитилёк’ – 94,2% и сорта ‘Посъет’ – 82,6%. Качественные показатели имели наибольшие значения в условиях зоны создания сортов. По содержанию сахара и количеству сухого вещества выделились сорта: ‘Топтыжка’ и ‘Саммит’, показавшие значения 5,5 и 6,4%; 5,9 и 6,9% соответственно. В Хабаровском крае выделились сорта ‘Посъет’ и ‘Одиссей’, у которых содержание сахара в плодах не превышало 2,7 и 2,9%, а содержание сухого вещества было на уровне 5,5 и 4,5% соответственно. Таким образом, по результатам исследований можно сделать вывод, что экологические условия выращивания томата влияют на его урожайные свойства и качественные показатели плодов.

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ МИКРОСАТЕЛЛИТНЫХ МАРКЕРОВ ДЛЯ ОЦЕНКИ ГЕНЕТИЧЕСКОГО РАЗНООБРАЗИЯ ЛИНИЙ САХАРНОЙ СВЕКЛЫ

А.А. Трифонова*, К.В. Борис, Л.В. Дедова, А.М. Кудрявцев

Институт общей генетики им. Н.И. Вавилова РАН, Москва, Россия, *aichka89@mail.ru

MICROSATELLITE MARKERS FOR ASSESSING THE GENETIC DIVERSITY OF SUGAR BEET BREEDING LINES

A.A. Trifonova*, K.V. Boris, L.V. Dedova, A.M. Kudryavtsev

Vavilov Institute of General Genetics of the Russian Academy of Sciences, Moscow, Russia,

*aichka89@mail.ru

Сахарная свекла (*Beta vulgaris* L.) – важная техническая культура, выращиваемая для получения сахара. Современное производство сахарной свеклы основано на выращивании гибридов, получаемых с использованием цитоплазматической мужской стерильности (ЦМС). Для создания таких гибридов необходимо несколько линий, включая стерильную материнскую линию (МС), линию-закрепитель стерильности (О-тип) и линию-опылитель.

В настоящее время для оценки генетического разнообразия и однородности, а также идентификации исходного материала, в селекции часто применяются молекулярно-генетические маркеры, в том числе основанные на полиморфизме микросателлитных локусов генома. Целью данной работы было изучение возможности использования микросателлитных маркеров для оценки внутри- и межлинейной вариабельности сахарной свеклы.

Для проведения исследования было взято 30 образцов перспективного отечественного гибрида сахарной свеклы, а также по 30 образцов его родительских форм (МС-линия, О-тип и опылитель). По литературным данным для анализа было выбрано 10 SSR-маркеров. Фрагментный анализ проводили на автоматическом генетическом анализаторе ABI Prism 3130xl (Applied Biosystems).

Всего для 120 изученных образцов было идентифицировано 43 аллельных варианта. Все использованные в работе маркеры были полиморфными. Количество аллелей на локус варьировало от 2 (*U17623B*) до 6 (*U17923*), при среднем значении 4,3. Среднее значение показателя информативности микросателлитных маркеров PIC (Polymorphism Information Content) составило 0,46 и варьировало от 0,10 (*U17623B*) до 0,67 (*U17923*). Средний показатель ожидаемой гетерозиготности (*He*) для изучаемой выборки составил 0,53. Большинство образцов характеризовались уникальным для данной выборки набором аллелей, кроме двух образцов линии-опылителя, которые имели идентичный аллельный состав. Четыре уникальных аллельных варианта (найденные только у образцов определенной линии) идентифицированы для образцов О-типа, один – для образцов МС-линии и один – для опылителя. Также интересно отметить наличие пяти аллелей, которые встречались у образцов МС-линии, О-типа и гибрида, однако отсутствовали у линии-опылителя.

Для каждой группы образцов (МС-линия, О-тип, опылитель и гибрид) была оценена генетическая однородность. Образцы О-типа и гибрида были полиморфны по всем проанализированным локусам, МС-линия и опылитель оказались полиморфны по девяти локусам из десяти. Сравнивая показатели полиморфизма каждой линии, можно говорить о том, что они имеют сходные уровни вариабельности, при этом наиболее генетически однородной оказалась линия-опылитель, а наименее – гибрид. Так, внутри линии-опылителя выявлен 31 аллельный вариант, уровень ожидаемой гетерозиготности составил 0,40, а среднее значение коэффициента генетического сходства Дайса – 0,69 (при максимальном значении 1 и минимальном – 0,33). Для гибрида значения данных

показателей составили: 38 аллелей, $H_e = 0,51$, среднее значение коэффициента Дайса – 0,66 (при максимальном значении 0,97 и минимальном – 0,30).

На основе коэффициентов сходства Дайса был проведен кластерный анализ методом попарного невзвешенного среднего (UPGMA), а также анализ методом главных координат (PCO). Оба метода показали сходный результат. Так, на дендрограмме все образцы опылителя образовали отдельный кластер, а на PCO-графике – отдельную группу. Вместе группировались образцы МС-линии и О-типа. Образцы гибрида, как и ожидалось, занимали промежуточное положение между родительскими линиями.

Кроме того, проведен анализ молекулярной изменчивости (AMOVA), и показано, что на различия между группами (МС-линия, О-тип, опылитель и гибрид) приходится 30% от общей изменчивости.

ИДЕНТИФИКАЦИЯ И ХАРАКТЕРИСТИКА ГЕНОВ ПОДСЕМЕЙСТВ *DREB1* И *DREB2* В ГЕНОМЕ ЧЕСНОКА (*ALLIUM SATIVUM* L.) И ИХ РОЛЬ В ОТВЕТЕ НА ХОЛОДОВОЙ СТРЕСС

М.А. Филюшин

Федеральный исследовательский центр «Фундаментальные основы биотехнологии» РАН,
Москва, Россия, michel7753@mail.ru

IDENTIFICATION AND CHARACTERIZATION OF THE *DREB1* AND *DREB2* GENE SUBFAMILIES IN THE GARLIC (*ALLIUM SATIVUM* L.) GENOME AND THEIR ROLE IN THE RESPONSE TO COLD STRESS

М.А. Filyushin

Federal Research Centre “Fundamentals of Biotechnology” of the Russian Academy of Sciences,
Moscow, Russia, michel7753@mail.ru

Семейство транскрипционных факторов APETALA2/EREBP является одним из самых многочисленных в геномах растений и включает, в среднем около 200 генов. В зависимости от доменной структуры семейство APETALA2/EREBP разделяют на пять подсемейств. Подсемейство DREB (dehydration-responsive element-binding proteins) является наиболее изученным у растений. Факторы транскрипции DREB связываются со специфичным мотивом DRE (A/GCCGAC) в промоторных областях структурных генов, тем самым регулируя их экспрессию. На основании сходства в домене AP2 подсемейство DREB разделяют на 6 групп (A1 – A6), а канонические белки DREB принадлежат к подгруппам A1 (DREB1) и A2 (DREB2).

В геноме чеснока *Allium sativum* L. (PRJNA606385) был проведен поиск генов подсемейств *DREB1* и *DREB2*. В результате было найдено восемь генов группы *DREB1* и восемь генов группы *DREB2*. Все восемь генов группы *DREB1* располагались тандемно на хромосоме 1, а гены группы *DREB2* локализовались на хромосомах 1, 3, 5, 6 и 7. Гены *DREB1* не содержали интронных последовательностей, их длина варьировала от 534 до 630 пн. В группе *DREB2* четыре гена не содержали интронов, три гена содержали один интрон и один ген содержал три интрона; длины генов варьировали от 402 до 5177 пн, длины кодирующих последовательностей – от 402 до 870 пн. В промоторных областях генов *DREB1* и *DREB2* были найдены *цис*-регуляторные элементы, вовлеченные в процессы развития, в ответы на гормоны и стрессы и связывание с транскрипционными факторами. В аминокислотных последовательностях *DREB1* и *DREB2* было определено положение домена AP2 и характерных для этих групп специфичных мотивов. На дендрограмме белки *DREB1* и *DREB2* формируют обособленные кластеры с соответствующими ортологами *A. thaliana*. Были определены профили экспрессии генов *DREB1* и *DREB2* в различных органах растения чеснока. Максимальные уровни экспрессии генов *DREB1* выявлены в корнях, ложном стебле и листьях. Гены группы *DREB2* экспрессировались по-разному: ген *AsDREB2.1* экспрессировался только в органах соцветия чеснока, ген *AsDREB2.3* – только в ложном стебле, экспрессия *AsDREB2.5*, *AsDREB2.6* и *AsDREB2.8* была выявлена во всех анализируемых органах чеснока. У двух сортов чеснока с различной степенью зимостойкости (‘Сармат’ и ‘Дубковский’) была определена экспрессия генов групп *DREB1* и *DREB2* в листьях в ответ на холодовой стресс (+2°C, в течение 2, 4, 6 и 24 ч). У обоих сортов чеснока выявлена активация экспрессии генов группы *DREB1* в ответ на холодовой стресс во всех анализируемых временных точках, уровень транскрипции отдельных генов *DREB1* возрастал в 100–1500 раз. Экспрессия генов *DREB2* в ответ на холодовой стресс либо увеличивалась в 1.1–2.5 раза, либо снижалась или была сопоставима с контролем.

Работа выполнена при поддержке гранта РФФИ № 21-76-00007.

**СЕКЦИЯ. ГЕНЕТИЧЕСКИЕ РЕСУРСЫ
МАСЛИЧНЫХ И ПРЯДИЛЬНЫХ КУЛЬТУР**

**SECTION. GENETIC RESOURCES OF OIL
AND FIBER CROPS**

ГЕНЕТИЧЕСКОЕ РАЗНООБРАЗИЕ КАРЛИКОВЫХ ЛИНИЙ ПОДСОЛНЕЧНИКА (*HELIANTHUS ANNUUS* L.) КОЛЛЕКЦИИ ВИР

И.Н. Анисимова, Н.В. Алпатьева, Е.Б. Кузнецова, В.А. Гаврилова

Федеральный исследовательский центр Всероссийский институт генетических ресурсов растений имени Н.И. Вавилова, Санкт-Петербург, Россия, irina_anisimova@inbox.ru

GENETIC DIVERSITY OF DWARF SUNFLOWER (*HELIANTHUS ANNUUS* L.) LINES IN THE VIR COLLECTION

I.N. Anisimova, N.V. Alpatieva, E.B. Kuznetsova, V.A. Gavrilo

N.I. Vavilov All-Russian Institute of Plant Genetic Resources, St. Petersburg, Russia,
irina_anisimova@inbox.ru

Признак карликовости широко используется в селекции растений. Помимо компактности и устойчивости к полеганию, карликовые формы эффективнее утилизируют питательные вещества и более устойчивы к болезням (Куркиев и др., 2006). Многие низкорослые сорта, участвовавшие в «зеленой революции» в 1960–1970 гг., несли мутации в генах, ответственных за метаболизм или передачу сигнала фитогормона гиббереллина (гибберелловой кислоты, ГК) (Ueguchi-Tanaka et al., 2001; Sakamoto et al., 2004). Низкий рост может быть связан с нарушениями биосинтеза ГК или накоплением репрессоров сигналинга ГК – DELLA-белков, а высокий рост – с повреждением ферментов деактивации ГК или потерей репрессивной функции белков DELLA (Билова и др., 2016).

Современные отечественные гибриды подсолнечника имеют высоту более 200 см, что связано с эффектом гетерозиса. Весьма актуально создание низкорослых гибридов подсолнечника с высотой 160–170 см. Такие формы устойчивы к полеганию, что важно для механизированной уборки. В селекции низкорослых гибридов перспективно использование отцовских линий, несущих гены восстановления фертильности пыльцы (*Rf*) и аллели устойчивости к возбудителям грибных болезней. В ВИР созданы и охарактеризованы линии подсолнечника с высотой менее 100 см, с различным проявлением признака карликовости, которое выражается в количестве листьев, длине междоузлия и высоте растения (Gavrilo et al., 2014; Гаврилова и др., 2017). Их генетическое разнообразие по локусам, контролирующим ценные хозяйственные признаки, не изучено, молекулярные основы проявлений признака не известны. Задача исследования – оценка генетического разнообразия карликовых линий коллекции ВИР и поиск носителей известных из литературы мутаций карликовости.

Для проведения работ по генотипированию была сформирована выборка, включавшая 26 карликовых и восемь высокорослых линий из коллекции ВИР. Генотипирование выполнено с использованием девяти молекулярных маркеров (STS, SCAR, SSR), сцепленных с генами *Pl_{arg}* (ORS716), *Pl₅/Pl₈* (HA4011, ORS630), *Pl₆* (HAP3), *Rf1* (HRG01, HRG02, ORS317, ORS511), а также STS-маркера митохондриального гена *orfH522*, ассоциированного с цитоплазматической мужской стерильностью (ЦМС) PET1-типа (Bouzidi et al., 2003; Horn et al., 2003; Radwan et al., 2004; Schnabel et al., 2008; Yue et al., 2010). Ген *Rf1*, локализованный в группе сцепления 13 (LG13), детерминирует признак восстановления фертильности пыльцы при цитоплазматической мужской стерильности PET1-типа. Гены *Pl_{arg}* (LG1), *Pl₆* (LG8), *Pl₅/Pl₈* (LG13) контролируют устойчивость к ложной мучнистой росе (возбудитель *Plasmopara halstedii* (Farl) Berl. & De Toni).

Использованные для генотипирования микросателлитные локусы различались по уровню полиморфизма. Число выявленных аллелей колебалось от трех (ORS511) до девяти (HA4011). Значения индекса полиморфности локусов (PIC) варьировали 0,26

до 0,71. У изученных линий наблюдали по три или четыре аллеля STS-маркеров генов устойчивости к *P. halstedii*.

Одна из изученных карликовых линий (ВИР434А) была стерильной. Стерильный (РЕТ) тип цитоплазмы идентифицирован и у 18 фертильных карликовых линий, что указывает на присутствие в их генотипах доминантного аллеля ядерного гена восстановления фертильности *Rf1*. Наличие гена *Rf1* у этих линий также подтверждено с помощью маркеров HRG01 и HRG02. Семь линий с предположительно фертильным типом цитоплазмы не имели маркеров гена *Rf1* и, следовательно, не являлись восстановителями фертильности пыльцы. У пяти карликовых линий обнаружен SSR-маркер гена *Plarg*. Изученная выборка структурирована методом главных координат, выполненным с помощью программы для популяционно-генетического анализа GenAlEx 6.5. Восемь высокорослых линий объединились в три группы, расположенные в противоположных частях диаграммы. Карликовые генотипы распределились в пределах диаграммы равномерно. Две пары линий (ВИР819, ВИР839 и ВИР319, ВИР328), характеризовавшиеся сходством морфологических признаков, имели практически идентичные профили молекулярных маркеров.

Для выяснения молекулярной природы карликовости у изученных линий использовали аллель-специфичный ПЦР-маркер, позволяющий идентифицировать ассоциированный с признаком карликовости SNP в последовательности консервативного домена DELLA гена *HaDELLA1* (локус *Rht1*, LG12) (Ramos et al., 2012). Маркерный фрагмент длиной 529 п.н. обнаружен у линии ВИР434А, имеющей общее происхождение с линией RHA358 – носителем описанного в литературе доминантного аллеля *Rht1*. У трех различающихся по высоте линий (карликовых ВИР434А и ВИР755, а также высокорослой HA89) секвенировали фрагмент последовательности длиной 675 п.н., включающий мотив DELLA. У линии ВИР434А выявлены две точковые мутации, характерные для аллеля *Rht1*. Одна из них находится в положении 143 мотива DELLA и приводит к несинонимичной замене лейцина на пролин и потере функции белка. Полученные данные будут использованы при создании карликовой линии – донора признака восстановления фертильности пыльцы, характеризующейся комплексом ценных признаков для использования в гетерозисной селекции: короткостебельностью, способностью супрессировать фенотип ЦМС, устойчивостью к возбудителю ложной мучнистой росы.

Работа выполнена при поддержке Минобрнауки России в рамках соглашения № 075-15-2020-911 от 16.11.2020 о предоставлении гранта в форме субсидий из федерального бюджета на осуществление государственной поддержки создания и развития научного центра мирового уровня «Агротехнологии будущего».

100 ЛЕТ КОЛЛЕКЦИИ ЛЬНА ВИР

Н.Б. Брач, А.А. Слободкина, А.В. Павлов, Е.А. Пороховинова

Федеральный исследовательский центр Всероссийский институт генетических ресурсов растений имени Н.И. Вавилова, Санкт-Петербург, Россия, n.brutch@vir.nw.ru

100 YEARS OF THE FLAX COLLECTION AT VIR

N.B. Brutch, A.A. Slobodkina, A.V. Pavlov, E.A. Porokhovinova

N.I. Vavilov All-Russian Institute of Plant Genetic Resources, St. Petersburg, Russia, n.brutch@vir.nw.ru

В 2022 году исполняется 100 лет с начала формирования коллекции льна ВИР. За первый год официального статуса в коллекцию было включено более 500 образцов, из которых до настоящего времени сохранились около 200. С самого начала Н.И. Вавиловым и его соратниками была поставлена задача сбора максимального разнообразия образцов. В коллекцию были привлечены образцы льна-долгунца из Северо-Западного региона – Прибалтики (Лифляндии), Архангельской, Петроградской, Новгородской, Псковской, Вологодской, Вятской, Тверской губерний. Среди них были как сорта народной селекции – кряжевые льны, так и первые селекционные сорта, созданные Л.Ф. Альтгаузенем. К первым селекционным сортам относились и английские образцы, созданные У. Бетсоном и привезенные из Великобритании. Бесценным приобретением явились и образцы с различными морфологическими признаками, выделенные голландской исследовательницей Т. Таммес. В это же время Н.И. Вавилов со своими соратниками собрали много местных образцов масличного льна на территории Таджикистана, Узбекистана и Киргизии. В последующие годы многочисленные экспедиции охватили практически все обитаемые участки суши кроме Австралии, первый образец льна из которой был включен в коллекцию ВИР только в 1951 году.

До начала сороковых годов было собрано пять с половиной тысяч образцов культурного льна. Из них до сегодняшнего дня сохранились 82 образца российских кряжевых льнов, 51 местный белорусский образец, 235 – украинских, 259 – таджикских, 232 – узбекских, 105 – армянских, 76 – индийских, 70 – афганских, 71 – эфиопский, 43 – азербайджанских и др. Сейчас, после волны индустриализации сельского хозяйства второй половины прошлого века, можно сказать, что большинство этих образцов теперь можно найти только в коллекции ВИР. Кроме того, сохранились 126 селекционных сортов льна-долгунца и масличного, выведенные до 1940 года в различных странах мира. Важную часть довоенной коллекции также составляет 61 селекционный образец из США. Большой урон всем коллекциям ВИР, и в том числе и коллекции льна, нанесла Великая Отечественная война. Но благодаря беспримерному героизму наших ученых в условиях Блокады Ленинграда удалось сохранить около половины образцов, собранных до войны. Уже с 1948 года коллекцию льна снова стали интенсивно пополнять. За этот год было интродуцировано 73 новых образца из Югославии, Канады, Нидерландов, Латвии и России. Далее коллекция продолжала пополняться образцами льна различных типов собранными и присланными из разных стран и континентов. Экспедиции ВИР охватывали все союзные республики и большое число зарубежных стран. Значительную роль в формировании коллекции играл и обмен коллекционными образцами льна с другими генбанками, созданными к тому времени в различных частях света. Большая часть коллекции сформирована селекционными сортами, созданными в республиках Советского Союза и за рубежом во второй половине XX и начале XXI веков и поступивших в ВИР от оригинаторов. В основной состав коллекции также были включены 70 линий генетической коллекции льна ВИР, созданные в последние 30 лет. В настоящее время основной каталог коллекции льна насчитывает 6270 образцов со всех континентов, кроме

Антарктиды. В нее входят местные стародавние сорта; селекционный материал различной степени проработки; сорта, созданные в различных странах в разное время; мутантные линии.

С самого начала формирования коллекции, вновь поступившие образцы проходили обязательное изучение по основным морфологическим и хозяйственным признакам. Анализ полученных результатов показал, что в ней представлено широчайшее внутривидовое разнообразие по морфологическим (окраска и форма растения, цветка, семян), хозяйственным (высота, длина вегетационного периода, урожайность семян, волокна), биохимическим (состав масла и слизи семян), физиологическим (фоточувствительность), иммунологическим (устойчивость к ржавчине, фузариозу и другим патогенам). Еще Н.И. Вавилов в своих трудах отмечал разнообразие окрасок цветков и семян льнов различного происхождения. Сейчас в коллекции собраны генотипы культурного льна с голубыми, белыми, розовыми, фиолетовыми, голубо-фиолетовыми венчиками разной генетически обусловленной интенсивности окраски. Лепестки бывают гладкими и в разной степени гофрированными. Пыльники могут быть не только голубыми, но и желтыми, оранжевыми. Цвет семян варьирует от светло-желтого до почти черного. Кроме того, само растение и его части могут иметь различную хлорофильную и антоциановую окраску. Еще в коллекции представлены линии с извитым стеблем и карлики. На основе гибридологического анализа идентифицирован 41 ген морфологических признаков. Важную часть коллекции составляют линии с генами устойчивости к ржавчине, выделенные из местных российских льнов, а также полученные из Австралии от родоначальника изучения устойчивости к фитопатогенам Г. Флора. С их использованием созданы 19 доноров устойчивости на основе сортов льна-долгунца 'Оршанский 2' и 'Призыв 81'. Хотя культурный лен является самоопылителем, у линий генетической коллекции идентифицировано 3 системы ЦМС и 7 генов – восстановителей фертильности, которые комплементарно взаимодействуют с генами, контролирующими морфологические признаки.

Большое значение для селекции представляет разнообразие хозяйственно ценных признаков, представленное в коллекции ВИР. Размах изменчивости продолжительности вегетационного периода в условиях Пушкинских лабораторий ВИР составляет от 62 суток у местных португальских образцов до более чем 150 – у местных колхидских льнов. Высота растений варьирует от примерно 30 см у некоторых индийских форм до 140 см – у китайских. Соответственно урожай соломы с 1 м² варьирует от нескольких десятков грамм до полутора килограмм. Урожай семян современных сортов с делянки достигает 300 грамм и более. Различается и размер семян: от 3,5 г/1000 семян у абиссинских образцов до 10 г – у местной португальской формы.

Образцы семян льна сильно различаются по биохимическому составу. От баланса жирных кислот зависит направление использования масла. Размах изменчивости их содержания составляет: 3–7% пальмитиновой, 2–6% стеариновой, 9–34% олеиновой, 12 – 31 – 75% линолевой, 1 – 35 – 67% линоленовой. Основные различия касаются процентного содержания линоленовой кислоты. Ряд селекционных линий и сортов из Австралии, Англии и России содержат ее менее 3%, что сопровождается повышением уровня линолевой кислоты до 60–70%. Установлено, что все эти образцы несут мутацию в первом экзоне гена *LuFAD3A*, контролирующего синтез соответствующей десатуразы.

Лен считается длиннодневным растением. Однако образцы и линии коллекции различаются по фоточувствительности. Выделены генотипы практически не чувствительные к 12-часовому дню. Кроме того, установлено, что низкая фоточувствительность не коррелирует с ранним цветением на длинном дне – как рано-, так и поздноцветущие формы могут быть и сильно- и слабофоточувствительными.

Таким образом, коллекция льна ВИР в мировом масштабе является самой большой, разнообразной и подробно изученной.

МЕТОДЫ СОЗДАНИЯ РАПСА ОЗИМОГО С ВЫСОКИМ СОДЕРЖАНИЕМ ОЛЕИНОВОЙ КИСЛОТЫ Ω -9 В МАСЛЕ СЕМЯН

Л.А. Горлова*, В.В. Сердюк, А.А. Голова

Федеральный научный центр «Всероссийский научно-исследовательский институт
масличных культур имени В.С. Пустовойта», Краснодар, Россия, *lagorlova26@yandex.ru

METHODS OF THE DEVELOPMENT OF WINTER RAPESEED WITH A HIGH CONTENT OF OLEIC ACID Ω -9 IN SEED OIL

L.A. Gorlova*, V.V. Serdyuk, A.A. Golova

V.S. Pustovoit All-Russian Research Institute of Oil Crops, Krasnodar, Russia,
*lagorlova26@yandex.ru

Во ВНИИМК одним из важных направлений селекции рапса является создание сортов и гибридов с высоким содержанием в масле олеиновой кислоты. Сорт рапса озимого ‘Оливин’ (НО – высокоолеиновый) выведен методом многократного индивидуального отбора и самоопыления из внутривидового гибрида. Содержание олеиновой кислоты составляет 79,4%. Масло, получаемое из семян этого сорта весьма полезно, поскольку ω -9 выполняет множество важнейших функций и является одним из базисов здоровья человека, так как обладает повышенной термостабильностью и стойкостью к окислению. Однако урожайность сорта ‘Оливин’ уступает урожайности традиционных высокопродуктивных сортов и гибридов, а также дальнейшее повышение уровня олеиновой кислоты (80 % и выше) позволит в большей степени улучшить качество масла.

Целью исследований являлось использование различных методов селекции в создании рапса озимого с высокими показателями урожайности и содержания олеиновой кислоты.

Для получения селекционного материала рапса озимого с заданными параметрами выполнялись реципрокные скрещивания высокоолеиновых линий с высокопродуктивными линиями, дальнейшее беккроссирование (BC₁) и отбор из полученных популяций при самоопылении. Материалом для исследований послужили высокоолеиновые линии с уровнем олеиновой кислоты 80–81% и высокоурожайные линии сортов ‘Сармат’ и ‘Селегор’.

В качестве еще одного способа создания желаемых биотипов выступал метод полиплоидии. Материалом послужили растения сорта ‘Оливин’ с содержанием олеиновой кислоты (79,5%). Точка роста растений обрабатывалась раствором колхицина в концентрации 0,01; 0,005 и 0,001% в фазу семядольных листьев и в фазу 2-3 настоящих листьев. Семена оценивали на содержание олеиновой кислоты с помощью ИК-спектроскопии на приборе MATRIX-I Bruker Optics в стандартной комплектации.

Таблица. Характеристика лучших высокоолеиновых линий рапса озимого,
полученного разными методами, 2021-2022 гг.

Номер, сорт	Происхождение	Урожайность, т/га	Масличность, %	Глюкозинолаты, мкмоль/г	Содержание кислоты, %		
					олеиновой	ленолевой	линоле- новой
№ 1523	полиплоид	4,57	49,1	19,0	83,3	5,9	4,0
№ 2381	BC ₁	4,29	50,2	17,4	81,6	7,1	4,3
Оливин	НО	4,03	48,7	15,1	79,4	8,3	5,3
Лорис	стандарт	4,41	47,1	15,0	66,9	18,1	7,6
НСР ₀₅	-	0,15	0,5	3,1	4,0	2,4	1,5

В результате использования метода полиплоидии была получена линия № 1523, существенно превышающая высокоолеиновый сорт ‘Оливин’ по урожайности на 0,54 т/га

и по содержанию олеиновой кислоты на 3,9%. Лучшая полиплоидная линия № 1523 характеризовалась в сравнении с 'Оливином' повышенной на 0,4% масличностью семян, но существенно превышала его по уровню глюкозинолатов (таблица). Лучшая полиплоидная высокоолеиновая линия также продемонстрировала существенное превосходство (на 0,16 т/га) по урожайности в сравнении с высокопродуктивным сортом 'Лорис'.

При проведении межлинейных реципрокных скрещиваний с дальнейшим беккроссированием в сочетании с самоопылением была получена линия № 2381, превысившая высокоолеиновый сорт по урожайности семян (на 0,26 т/га) и содержанию ω -9 (на 2, 2%). Линия № 2381 существенно превышала (на 1, 5%) сорт 'Оливин' по масличности семян, а по содержанию глюкозинолатов была с ним на уровне (см. таблицу). Лучшая линия, полученная в результате межлинейной гибридизации и инбридинга, показала урожайность на уровне сорта-стандарта 'Лорис'.

ИССЛЕДОВАНИЕ ФИТОСТЕРОЛОВ СЕМЯН КОНОПЛИ *CANNABIS SPP.* У ОБРАЗЦОВ КОЛЛЕКЦИИ ВИР

С.В. Григорьев¹, К.В. Илларионова², Т.В. Шеленга¹

¹ Федеральный исследовательский центр Всероссийский институт генетических ресурсов растений имени Н. И. Вавилова, Санкт-Петербург, Россия, s.grigoryev@vir.nw.ru

² Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого, Санкт-Петербург, Россия

EVALUATION OF PHYTOSTEROLS IN THE SEED OF *CANNABIS SPP.* ACCESSIONS FROM THE VIR COLLECTION

S.V. Grigoryev¹, K.V. Illarionova², T.V. Shelenga¹

¹ N.I. Vavilov All-Russian Institute of Plant Genetic Resources, St. Petersburg, Russia, s.grigoryev@vir.nw.ru

² Peter the Great St. Petersburg Polytechnic University, St. Petersburg, Russia

Фитостеролы представляют собой биологически активные соединения, которые естественным образом присутствуют в мембранах клеток растений и имеют химическую структуру, сходную с холестерином, полученным из клеток млекопитающих. Соединения присутствуют в богатых липидами семенах и маслах, обладают большим количеством лечебных преимуществ по сравнению с другими обычными фармацевтическими агентами и широко изучались в течение многих лет. Среди фитостеролов β -ситостерол является преобладающим. Во многих *in vitro* и *in vivo* исследованиях было показано, что ситостерол имеет биологическую активность – анксиолитическое и седативное действие, обезболивающее, иммуномодулирующее, противомикробное, противораковое, противовоспалительное, гиполипидемическое действие, гепатопротекторное, защитное действие против заболеваний органов дыхания, ранозаживляющее действие, как антиоксидантное и антидиабетическое. Фармакогностические исследования стигмастерола показали, что соединение обладает противовоспалительным действием, кампестерол – снижал уровень холестерина, оказывал антиканцерогенное и антиангиогенное действие.

Фитостеролы внесены в число функциональных пищевых ингредиентов, обладают антиоксидантной, метаболически-регулирующей, иммуномодулирующей и противовоспалительной активностью. Например, мясные продукты, обогащенные фитостеролами способны снижать общий холестерин в сыворотке крови. Фитостеролы входят в число стероидных соединений, обладающих потенциалом снижения риска сердечно-сосудистых заболеваний, является предшественником анаболического стероида, который используется для стимулирования роста крупного рогатого скота. Повышение урожайности волокна, семян, снижение содержания ТГК, улучшение физико-механических параметров волокна длительное время являлись основными задачами селекции промышленных сортов конопли посевной и были достигнуты высокие значения комплекса признаков. Ныне весьма актуально производство продуктов питания с высокими показателями качества, расширение биологического разнообразия производимых в России семян и масел с оптимизированным качественным и количественным составом биологически активных веществ – функциональных пищевых ингредиентов и физиологически функциональных пребиотиков для использования в пищу и кормов. Вектор весьма актуален с позиций ЗОЖ, в усилении концепции сохранения активного долголетия населения.

Функциональный пищевой продукт может быть получен не только специальным добавлением веществ на этапах переработки. Биологическая функциональность продуктов питания возможна за счет использования улучшенных методами селекции растений

свойств биохимического состава сырья – семян и растительных масел специализированных сортов масличных культур. Были изучены метаболитные профили фитостеролов семян конопли *Cannabis* spp. у образцов коллекции ВИР, выращенных в условиях Северо-Запада России. Изучение проводили с помощью газожидкостной хроматографии с масс-спектрометрией на хроматографе Agilent 6850. Полученные результаты обрабатывались программами «UniChrom» и «AMDIS». По результатам проведенных исследований выделены образцы конопли, выделяющиеся значимо высоким содержанием ситостерола и кампестерола. Например, образцы и:596873 (Местная, Астраханская обл.), и:159130 (Кумбалселда, Иркутская обл.) имели наибольшее содержание ситостерола (182,9 и 79,3 мг/100 г сухого вещества, соответственно) среди изученных образцов. Вместе с тем, у образцов семян современных сортов промышленной конопли содержание ситостерола в семенах не превышало 31,3 мг/100 г, кампестерола – следовые количества. Используя выделившийся образцы в качестве исходного материала возможно создание продвинутых специализированных сортов, имеющих в семенах вещества или комплекс веществ, которые могут быть эффективны в снижении риска развития сердечно-сосудистых и иных заболеваний, снижении уровня холестерина, являться ценными добавками в корма сельскохозяйственных животных.

ГЕНОТИП-СРЕДОВЫЕ ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ КОЛЛЕКЦИОННЫХ СОРТОВ *LINUM USSITATISSIMUM* L. В УСЛОВИЯХ ПОДТАЙГИ НИЗМЕННОСТИ ТЮМЕНСКОЙ ОБЛАСТИ

К.П. Королев, Н.А. Боме

Тюменский государственный университет, Тюмень, Россия,
corolev.konstantin2016@yandex.ru

GENOTYPE × ENVIRONMENT INTERACTIONS IN *LINUM USSITATISSIMUM* L. ACCESSIONS UNDER THE SUBTAIGA CONDITIONS IN THE LOWLAND OF TYUMEN PROVINCE

K.P. Korolev, N.A. Bome

University of Tyumen, Tyumen, Russia, corolev.konstantin2016@yandex.ru

Изучение устойчивости растений к контрастным почвенно-климатическим условиям региона путем приспособительных реакций, выявление источников ценных признаков и свойств является одним из актуальных вопросов для селекционно-генетических исследований. Решение вопросов интродукции на основании оценки морфофизиологических реакций растений требует наличие информации о характере адаптивности при действии факторов среды. Цель данного исследования заключалась в выявлении экологического статуса растений льна масличного по семенной продуктивности в условиях Тюменской области. Полевую диагностику растений льна масличного проводили в 2017–2020 гг. на опытном полигоне для изучения генетического разнообразия культурных растений биостанция «Озеро Кучак» Тюменского государственного университета (Нижнетавдинский район, Тюменская область). Объект исследований – 40 сортов льна масличного из генофонда кафедры ботаники, биотехнологии и ландшафтной архитектуры Института биологии. Посев – ручной, рядовым способом. Площадь делянки – 1 м². Размещение делянок рандомизированное. Адаптивные свойства коллекционных сортов определяли по методике S.A. Eberhart, W.A. Russell (1966). Многофакторный дисперсионный анализ проводили по методике, изложенной Б.А. Доспеховым (Доспехов, 2014). Достоверность различий определяли по t-критерию Стьюдента. Метеорологические условия вегетационного периода различались. По гидротермическому коэффициенту Г.Т. Селянинова (ГТК), 2018 и 2020 годы были засушливыми (ГТК = 1,2 и 1,3 соответственно), 2017 и 2019 годов – влажными (ГТК = 1,5 и 1,6). Выявлено достоверное (при $p > 0,05$) влияние факторов среды (54,5%) и генотип-средового взаимодействия (31,8%) на урожайность семян льна масличного. Сорта были распределены на три группы по показателю адаптивности (b_i). В первую группу ($n = 21$; $b_i < 1,0$), были отнесены Ручеек, Флиз, Бирюза, Легур, Кустанайский янтарь, Opaline, Crocus, Циан, ВМ-620, Итиль, Илим, Сонечны, Півдинаніч, Crystal, Lirina, Amazon, Su-6-15, Biltstar, Hella, Ocean, McGregor (урожайность 65,4–100,9 г/м²). Во вторую группу ($n = 8$; $b_i = 1,0$) вошли Северный, К-9/23-12, Нилин, Август, РФН, Еруслан, Опус, Sunrise, (урожайность 82,0–112,3 г/м²). К третьей группе ($n = 11$; $b_i > 1,0$) отнесены Antares, Исток, Исилюкульский, Сокол, Даник, ФФН, Артем, Уральский, Брестский, Mikael, Newland (урожайность 95,3–115,8 г/м²). Образцы третьей группы характеризовались максимальной семенной продуктивностью. Наиболее ярко адаптивными свойствами были выражены у образцов Уральский (98,4 г/м²), Брестский (100,2 г/м²), Северный (115,8 г/м²).

Установлено, что, недостаток влаги в период вегетации 2018 и 2020 гг. оказывал негативное влияние на формообразовательный процесс льна. В качестве относительно адаптивных и продуктивных источников для данной агроэкологической зоны можно рекомендовать сорта Северный, Итиль, Сокол, Даник, Уральский.

Работа выполнена при поддержке Министерства науки и высшего образования Российской Федерации (госзадание № FEWZ-2021-0007).

МАСЛИЧНЫЕ КУЛЬТУРЫ В ЗАПАДНОЙ СИБИРИ

Г.Н. Кузнецова, Р.С. Полякова

Федеральный научный центр «Всероссийский научно-исследовательский институт масличных культур имени В.С. Пустовойта», Сибирская опытная станция – филиал ФНЦ ВНИИМК, Омская область, Россия, sosvniimk@mail.ru

OIL CROPS IN WESTERN SIBERIA

G.N. Kuznetsova, R.S. Polyakova

V.S. Pustovoit All-Russian Research Institute of Oil Crops, Siberian Experimental Station, branch of the V.S. Pustovoit All-Russian Research Institute of Oil Crops, Omsk Province, Russia, e-mail: sosvniimk@mail.ru

Формирование сортовых ресурсов – это мощный фактор, обеспечивающий продовольственную безопасность страны. Производство масличных культур одна из наиболее эффективных отраслей сельскохозяйственного производства. Диверсификация производимого ассортимента высокомаржинальных продовольственных продуктов и продуктов глубокой переработки сельскохозяйственного сырья характеризуется высокими темпами роста, как на внешнем, так и на внутреннем рынках. В последние годы наблюдается тенденция к увеличению посевных площадей масличных культур и наращивания объемов их производства. Такая же тенденция прослеживается и в России, и в Западной Сибири. В Омской области еще несколько лет назад (2010–2015 гг.) посевные площади под масличными культурами насчитывали не более 90–110 тыс. га, но в последние годы наблюдается их значительный рост: в 2020 г. до 318 тыс. га, в 2022 г. до 481 тыс. га. К таким культурам относятся новые масличные растения семейства капустных (Brassicaceae) рыжик посевной (*Camelina sativa* Crantz.), сурепица яровая (*Brassica campestris* L.) горчица сарептская (*Brassica juncea* L.) и белая (*Sinapis alba* L.). Интродукция новых масличных растений способствует повышению биоразнообразия в растениеводстве, уменьшению пестицидной нагрузки на агроценозы и стабильности производства растительных масел для различных целей.

Рапс яровой уверенно и прочно вошел в севообороты сельскохозяйственных предприятий нашего региона. Эта культура обладает комплексом ценных качеств. Широкая экологическая приспособляемость, холодостойкость, скороспелость, многоукосность, высокая кормовая и семенная продуктивность выгодно отличает его от многих сельскохозяйственных культур. Селекционерами Сибирской опытной станции создано семь сортов рапса ярового и один сорт ‘Сибиряк 60’ проходит Государственное сортоиспытание с 2021 года. Основные методы создания исходного материала – индивидуальный отбор из межсортовых гибридов и имбридинг. Первый сорт рапса ‘Радикал’ содержал масла 44–45%, а новый сорт ‘55 Регион’ на данный момент имеет масличность 52,7%. Благодаря новым методам селекции и биохимического анализа все сорта рапса относятся к типу «00», а сурепицы – к типу «000» и соответствуют международным стандартам качества масла и шрота. Данные конкурсного сортоиспытания демонстрируют увеличение не только масличности, но и урожайности семян до 2,8–3,2 т/га, а содержание нежелательных глюкозинолатов находится на уровне 11,7–13,0 мкмоль/г. Новые сорта рапса (‘Купол’, ‘Гранит’, ‘55 Регион’, ‘Сибиряк 60’) практически не содержат вредной эруковой кислоты в масле семян.

Селекционерами разработана модель сорта раннеспелого типа для Западной Сибири: продолжительность вегетационного периода 85–90 суток, высота растений 115–120 см. количество ветвей первого порядка 4–5 штук, 100–160 стручков на растении, 25–30 семян в стручке, масса 1000 семян 3,5–3,8 г, высокая устойчивость к полеганию, осыпанию, к основным болезням, средняя устойчивость к вредителям, семенная

продуктивность в зависимости от погодных условий должна варьировать от 1,2–1,5 т/га в острозасушливые годы и 2,5–3,2 т/га в благоприятные. Новый сорт ‘Сибиряк 60’ соответствует заданным параметрам. По данным конкурсного сортоиспытания за 2019–2022 гг. новый сорт отличается от сорта ‘Гранит’ (стандарт) высокой масличностью (51,1–52,4%) и урожайностью семян (2,44–3,07 т/га). Масса 1000 семян в годы исследований составила 3,6–4,0 г, содержание глюкозинолатов и эруковой кислоты минимальное и соответствует требованиям ГОСТа. Перспективный высокопродуктивный сорт рапса ярового ‘Сибиряк 60’ рекомендован к возделыванию по Волго-Вятскому (4), Средневолжскому (7), Уральскому (9), Западно-Сибирскому (10) и Восточно-Сибирскому (11) регионам.

Для расширения ареала возделывания необходимо создавать скороспелые сорта рапса, это позволит возделывать капустные культуры в северной лесостепи без применения десикантов и раньше освобождать поля для их обработки. С помощью метода индивидуального отбора с последующим самоопылением из скороспелых сортообразцов: ‘Таврион’ (ВНИИМК), ‘Ермак’, ‘Авангард’ (Липецкий ВНИИР-филиал ВНИИМК), ‘Хайлайт’ (USA), ‘Sprint’ (Австралия) был выделен раннеспелый исходный материал с комплексом хозяйственно ценных признаков. По результатам (2020–2021 гг.) предварительной оценки выделены перспективные скороспелые образцы 33050, 33566 и 33586, которые представляют интерес не только как скороспелые, но и как высокоурожайные номера, достоверно превышающие стандарт ‘Гранит’ по продуктивности семян. Одним из направлений современной селекции является работа по улучшению жирно-кислотного состава масла – снижение доли линоленовой кислоты до 5–3%, поскольку ее традиционное содержание в количестве 10–12% отрицательно влияет на окислительную стабильность и вкусовые качества масла. Образцы 33621 и 33997 имеют более низкое содержание линоленовой кислоты 4,30–6,09%, в сравнении со стандартом (8,99%). С масличностью семян 52,3–52,7% выделены образцы 33566 и 33997. Все образцы имеют низкое содержание глюкозинолатов в семенах 9,9–12,8 мкмоль/г. Представленные образцы являются исходным материалом в гибридизации для создания высокопродуктивных, скороспелых сортов, адаптированных к условиям Западной Сибири. Сорта рапса сибирской селекции конкурентоспособны не только с сортами отечественной селекции, но и зарубежными.

Несмотря на незначительные посевные площади такие капустные культуры как: сурепица, горчица и рыжик, благодаря своей скороспелости и малозатратности выращивания имеют преимущество над рапсом. Стабильно высокие урожаи семян капустных культур можно получать при правильном подборе сортов, приспособленных к местным условиям возделывания. По пищевым и кормовым достоинствам эти культуры не уступают рапсу, и значительно превосходит многие сельскохозяйственные культуры. Селекционерами станции создано пять сортов сурепицы яровой (‘Искра’, ‘Новинка’, ‘Лучистая’, ‘Победа’), в 2022 г. в Государственный реестр селекционных достижений, допущенных к использованию включен сорт сурепицы яровой ‘Грация’, на все сорта получены патенты. Новый сорт отличается от сорта-стандарта ‘Победа’ повышенной продуктивностью (урожайность 2,15–2,3 т/га, сбор масла составил около тонны с га), но основное достоинство сорта – низкое содержание глюкозинолатов (13,9 мкмоль/г). Масло этого сорта относится к группе лучших пищевых жиров, содержит около 85% физиологически ценных олеиновой и линолевой жирных кислот. Низкое содержание глюкозинолатов и клетчатки в семенах позволит использовать жмых в рационе животных и птицы в повышенных дозах.

Созданные на станции сорта горчицы сарептской ‘Валента’ и белой ‘Бэлла’ отличаются высокой урожайностью. В аномально сухие и жаркие 2021–2022 годы горчица сарептская показала себя как наиболее засухоустойчивая культура среди всех изучаемых капустных. Урожайность по сортам составила 3,20 (сорт ‘Первотаровская’) – 3,29 т/га (сорт ‘Валента’). Несколько меньше среди капустных культур урожайность была

у рыжика ярового, она изменялась от 1,86 (сорт 'Омич') до 1,95 т/га (сорт 'Кристалл'). Горчица белая продемонстрировала урожайность 1,56 (сорт 'Бэлла') и 1,62 т/га сорт 'Светланка'. Видовое разнообразие, различие сортов по вегетации позволит получать в Западной Сибири устойчивый сбор маслосемян и повысит рентабельность их производства.

ОПРЕДЕЛЕНИЕ КАЧЕСТВА ВОЛОКНА ПО МАЛЫМ ПРОБАМ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ УНИВЕРСАЛЬНОЙ РАЗРЫВНОЙ МАШИНЫ INSTRON 5943

А.В. Павлов*, Н.Б. Брач, Е.А. Пороховинова

Федеральный исследовательский центр Всероссийский институт генетических ресурсов растений имени Н.И. Вавилова, Санкт-Петербург, Россия, *avpavlov77@yandex.ru

DETERMINATION OF FIBER QUALITY WITH SMALL SAMPLES USING THE INSTRON 5943 UNIVERSAL BREAKING MACHINE

A.V. Pavlov*, N.B. Brutch, E.A. Porokhovinova

N.I. Vavilov All-Russian Institute of Plant Genetic Resources, St. Petersburg, Russia,
*avpavlov77@yandex.ru

В настоящее время в селекции льна-долгунца, по ряду хозяйственно ценных признаков, достигнуты значительные результаты: получены образцы и сорта с высокой урожайностью соломы, высоким содержанием волокна, обладающие устойчивостью к ряду болезней и т. д. В то же время произошло некоторое ухудшение показателей качества волокна, таких как прочность, гибкость, тонина, а особенно их сочетание в одном образце. Коллекция льна-долгунца ВИР приближается к 3 тыс. образцов. У них наблюдается широкая вариабельность всех изучаемых признаков, при этом лишь незначительное количество превосходит сорта-стандарты ('Призыв 81' и 'Оршанский-2') по комплексному показателю качества волокна. Одной из причин этого является отсутствие быстрого и надежного метода оценки качества волокна на начальных этапах селекции. По методу, используемому нами для анализа волокна (стандартный), необходимо высевать 2 тыс. семян на площади 1 м². Чтобы получить такое количество семян с одного растения требуется 3-4 года, однако, с появлением современной приборной базы (Instron 5943) открывается возможность сократить этот процесс до 2-3 лет, а при анализе единичных растений – до 1 года. Это позволит отбирать перспективные образцы на ранних этапах селекции, повысить эффективность работы и значительно уменьшить трудозатраты.

В работе использовали волокно, полученное из стеблей сортов и линий льна репродукции 2010 г., выращенных на территории НПБ «Пушкинские и Павловские лаборатории ВИР», которое изначально было оценено по стандартному методу с использованием динамометра ДВК-60 и гибкомера Г-2. Из них отобрали 50 образцов с линейкой от минимума до максимума через почти равные интервалы по прочности волокна от 17 до 61Н (в пересчете на 65 мг). Из волокна каждого образца подготовили по 10 навесок весом 65 мг, вместо 420 мг, необходимых по стандартной методике. У каждой навески была измерена гибкость на гибкомере Г-2. Затем был подготовлен метод испытания на универсальной разрывной машине Instron 5943 с использованием программы Bluehill Universal, а после выполнено 500 экспериментов по оценке удлинения и разрывной нагрузки волокна. В каждом эксперименте проведены замеры через 0,2 с от начала до полного разрыва волокна, т. е. около 1000 точек. Полученные данные обработали с использованием макроса, созданного нами в среде MS Excel 2010.

Эксперимент показал высокое сходство разрывной нагрузки, измеренной по стандартному и новому методам (корреляция $r = 0,88$). Выделившиеся по стандартному методу сорта сохранили свои места при испытании по новому методу. В результате проведенной работы было установлено, что новый метод показал несколько завышенную оценку (в среднем на 10%) данного показателя. Также увеличился коэффициент вариации при разрыве прядок одного сорта в среднем в 2,6 раза с $CV = 7\%$ до 18% , который приемлем при данной оценке.

Анализ волокна по гибкости показал меньшее сходство двух методов ($r = 0,67$). Только половина из выделившихся по стандартному методу сохранили свои места при оценке по вновь предложенному. Он также дает немного более завышенную оценку (в среднем на 14%). Коэффициент вариации одного образца увеличился незначительно – в 1,7 раз (с 8 до 13%).

Двуфакторный дисперсионный анализ тоже не выявил отличий между методами как по прочности (доля влияния генотипа – 88%, метода – 2%, генотип*метод – 6%) так и по гибкости (доля влияния генотипа – 72%, метода – 9%, генотип*метод – 12%).

Предложенный нами метод с использованием Instron 5943 и уменьшенной в 6,5 раз навеской волокна единичной пробы не выявил действительно значимых различий у показателей гибкости и прочности волокна, в сравнении со стандартной методикой. Таким образом, мы считаем, что волокно эффективно можно оценивать по данному методу. Этот способ будет давать довольно точную оценку на 2 года раньше, чем по стандартной методике, что значительно сэкономит время, трудозатраты и площади под образцами.

Работа выполнена при поддержке Министерства науки и высшего образования РФ, № 075-15-2021-1050 от 28.09.2021.

МЕТАБОЛОМНЫЙ АНАЛИЗ МУКИ ИЗ СЕМЯН ЛИНИЙ ГЕНЕТИЧЕСКОЙ КОЛЛЕКЦИИ ЛЬНА

Е.А. Пороховинова*, А.В. Павлов, Н.Б. Брач, А.А. Слободкина, Т.В. Шеленга
Федеральный исследовательский центр Всероссийский институт генетических ресурсов растений имени Н.И. Вавилова, Санкт-Петербург, Россия, *e.porohovinova@mail.ru

METABOLOMIC ANALYSIS OF FLOUR FROM THE SEED OF FLAX LINES FROM THE GENETIC COLLECTION

E.A. Porokhovinova*, A.V. Pavlov, N.B. Brutch, A.A. Slobodkina, T.V. Shelenga
N.I. Vavilov All-Russian Institute of Plant Genetic Resources, St. Petersburg, Russia, *e.porohovinova@mail.ru

Лен – одна из древнейших пищевых культур. Его семена хорошо изучены по жирнокислотному составу масла, содержанию стеролов и токоферолов, углеводному составу оболочки, однако комплексную оценку ни разу не проводили, поэтому целью работы было изучение соотношения всех веществ, выявленных с помощью метаболомного профилирования. Биохимический состав семян 16 линий изучали с помощью газовой хроматографии, сопряженной с масс-спектрометрией. Было идентифицировано 90 веществ, подробнее об их абсолютном составе см. в публикации (Porokhovinova et al., 2022).

Больше всего из семян льна выделено сахаров (78%), жирных кислот (13%) и многоатомных спиртов (5%). Вторичные метаболиты, свободные аминокислоты, фитостеролы и органические кислоты имеются в незначительных количествах, не больше 2,5% каждый. Полученные результаты сильно отличаются от данных классического анализа, где жирные кислоты, входящие в состав масла, составляют около 43%, белки – 10–33%, а сахара – около 26% (Bhattu, Chtrdkiatgumchai, 1990; Oomah, Mazza, 1993), что очевидно связано с различными методическими подходами. То есть сахара экстрагируются примененным методом значительно лучше жирных кислот, а продукты азотного обмена практически не выделяются.

Из сахаров наибольшее количество приходится на олигосахариды – сахарозу (33,1%), раффинозу (31,2%) и мелибиозу (9,7%). Больше 0,2% составляет манноза, арабиноза, глюкоза, тураноза-глюкопиранозид, фруктоза, рибоза, мальтоза и меньше 0,2% – ксилоза, галактоза, сорбоза, 2-О-глицерол-d-галактопиранозид, метилглюкозид, глицеральдегид и ликсоза. У линий, выделившихся как по максимальному, так и минимальному проценту сахаров, основной вклад в различия вносит раффиноза.

Среди свободных жирных кислот, ацилглицеролов и парафинов наибольшее количество приходится на альфа-линоленовую, линолевую и олеиновую кислоты (3,5, 3,3, 3,1%), основные для льняного масла. От 1,0 до 0,4% составляют пальмитиновая, стеариновая, гамма-линоленовая, вакценовая кислоты, моноацилглицерол 2 (18:2) и диацилглицерол, в состав двух последних входит линолевая кислота. Меньше 0,1% приходится на минорные компоненты данной группы – пеларгоновую, лауриновую, эйкозановую, лигноцериновую, моноацилглицеролы 1 и 3, а также парафин C18. Среди линий с максимальным процентом жирных кислот основной вклад в отличия вносит линоленовая и олеиновые кислоты, тогда как для линий с минимальным процентом – линолевая.

Из многоатомных спиртов наибольшее количество приходится на глицерол, инозитол и галактинол (1,45, 1,37, 0,72%). От 0,28 до 0,06% составляют мио-инозитол, эритритол, ксилитол, глицерол-3 фосфат, маннитол, дульцидол. Интересно, что линии – лидеры и аутсайдеры для спиртов те же, что и по жирным кислотам, возможно из-за того, что основной вклад в различия здесь вносил глицерол, продукт распада ацилглицеролов.

В сборной группе веществ «вторичных метаболитов» наибольшее количество приходится на феруловую кислоту и ситостерол (0,94, 0,64%). От 0,42 до 0,16% составляют кампестерол, кемпферол и кониферол и меньше 0,04% хинолин, изохинолин, кофейную кислоту и ванилин. Основной вклад в отличия у линий, выделившихся как по максимальному, так и минимальному проценту вторичных метаболитов, вносит феруловая кислота.

Из группы свободных аминокислот и мочевины наибольшее количество приходится на аспарагиновую кислоту, пролин, глутаминовую кислоту, аланин, гидроксипролин и глицин (0,21, 0,20, 0,19, 0,14 0,12, 0,10%) и меньше (0,07%) – на фенилаланин, валин, треонин, лейцин, серин, тирозин, гистидин орнитин, гамма-аминомасляную кислоту, а также мочевины. В отличия линий лидеров и аутсайдеров по проценту аминокислот наибольший вклад вносит пролин, а среди аутсайдеров еще и фенилаланин.

Из органических кислот (в группу также включили фосфорную кислоту) наибольшее количество приходится на фосфорную, глюконовую 1,5-лактон, яблочную, азелаиновую кислоты (0,40, 0,10, 0,10, 0,09%). От 0,03 до 0,01% составляют винная, щавелевая, молочная, рибоновая, галловая, янтарная, глюконовая, 4 гидроксibenзойная, L идопирануриновая, метилфосфорная и 3 гидроксипропионовая кислоты и меньше 0,01% – треоновая, метилмалоновая, пировиноградная, глицериновая, салициловая, 5 гидроксипепеколиновая, бензойная и никотиновая кислоты. Среди линий лидеров и аутсайдеров по проценту органических кислот наибольший вклад в различия вносят фосфорная, молочная, янтарная и глицериновая кислоты.

Факторный анализ 90 веществ у 16 линий выявил 6 факторов, описывающих более 75% их общей изменчивости.

Первый фактор – фактор кислот, влияет на большинство органических, также на некоторые свободные жирные не «запасные» кислоты, парафин, аспарагиновую кислоту, эритол, глицеролфосфат и изохинолин.

Второй фактор – фактор соединений липидного обмена («запасных» веществ) и устойчивости к стрессу. Он выявил антагонизм свободных жирных кислот и связанных с ними веществ; веществ, ответственных за устойчивость к стрессу (пролин, маннитол, гамма-аминомасляная кислота), а также ликсозы с раффинозой, глюкозой, 3-гидроксипропионовой и 5 гидроксипепеколиновой кислотами.

Третий фактор – фактор содержания сахаров, в основном влияет на сахара и связанные с ними сахароспирты, а также некоторые органические кислоты. Также этот фактор оказывает большое влияние на мочевины, свободные аминокислоты – протеиногенные алифатические (лейцин, аланин, глицин), а также гидроксипролин, холин, кофейную и 4-гидроксibenзойную кислоты. Он выявил антагонизм этих веществ с мальтозой, метилфосфорной, 5 гидроксипепеколиновой кислотами.

Четвертый фактор – фактор «крупных» веществ. Он определяет содержание ацил глицеролов (DAG, MAG2), эйкозановой и линолевой кислот, кампестерола, изохинолина, а также дульцитола, инозитола, миоинозитола, маннозы, метилглюкозида, галловой кислоты. Олеиновая кислота – занимает противоположное положение по этому фактору.

Пятый фактор – фактор фенольных соединений влияет на их содержание (кониферола, кемпферола, фенилаланина), а также гидроксипролина, гистидина, орнитина, ликсозы, дикарбоновых кислот, содержащие глюкозу сахара и галактинол. Интересно, что по этому фактору кемпферол, галактинол и сахароза показали антагонизм к остальным признакам.

Шестой фактор – фактор полярных свободных аминокислот влияет на содержание этих аминокислот (серин, тирозин, аспарагиновая и глутаминовая кислоты, треонин), пролин, валин, некоторых органических, гамма аминомасляной и лауриновой кислот, мелибиозы.

Сравнение факторного анализа по исходным данным (Porokhovina et al., 2022) и переведенным в проценты от общей суммы веществ, показало сходство группировок по большинству веществ, однако изменилось расположение факторов.

Таким образом, метаболомное профилирование может стать одним из методов высокопроизводительного фенотипирования льна и в дальнейшем использоваться для GWAS анализа.

Работа выполнена при поддержке Министерства науки и высшего образования РФ, № 075-15-2021-1050 от 28.09.2021.

ОСОБЕННОСТИ ПРОЯВЛЕНИЯ ПРИЗНАКА ФЕРТИЛЬНОСТИ ПЫЛЬЦЫ У РАСТЕНИЙ F₂ И F₃ МЕЖЛИНЕЙНОГО ГИБРИДА ПОДСОЛНЕЧНИКА (*HELIANTHUS ANNUUS* L.)

М.К. Рязанова^{1, 2}, О.Н. Воронова^{3*}, В.А. Гаврилова², Н.В. Алпатьева²,
И.Н. Анисимова²

¹ Санкт-Петербургский государственный университет, Санкт-Петербург, Россия

² Федеральный исследовательский центр Всероссийский институт генетических ресурсов растений имени Н.И. Вавилова, Санкт-Петербург, Россия

³ Ботанический институт им. В.Л. Комарова РАН, Санкт-Петербург, Россия,
*rmari1605@gmail.com>

MANIFESTATION OF THE POLLEN FERTILITY TRAIT IN THE F₂ AND F₃ PLANTS OF AN INTERLINE SUNFLOWER (*HELIANTHUS ANNUUS* L.) HYBRID

М.К. Ryazanova^{1, 2}, O.N. Voronova^{3*}, V.A. Gavrilova², N.V. Alpatieva², I.N. Anisimova²

¹ Saint-Petersburg State University, St. Petersburg, Russia

² N.I. Vavilov All-Russian Institute of Plant Genetic Resources, St. Petersburg, Russia

³ Komarov Botanical Institute of the Russian Academy of Sciences, St. Petersburg,
*rmari1605@gmail.com>

Подсолнечник (*Helianthus annuus* L.) – одна из ведущих масличных культур. При производстве семян подсолнечника широко используют гетерозисные гибриды на основе цитоплазматической мужской стерильности (ЦМС) РЕТ1. Эффект стерилизующей цитоплазмы подавляется при включении в генотип доминантного аллеля гена восстановления фертильности (*Rf1*). В первом поколении гибридов фертильность восстанавливается полностью, тогда как растения F₂ могут различаться по показателям фертильности (жизнеспособности) и морфометрическим параметрам пыльцы. Показано, что отдельные внешне фертильные растения из расщепляющихся популяций F₂ могут быть не полностью фертильными (Karabitsina et al., 2019; Voronova, Gavrilova, 2019).

В настоящей работе изучали проявление признака фертильности/стерильности в выборке из 17 генотипов F₂ и 7 генотипов F₃ от скрещивания стерильной линии ВИР116А (ЦМС РЕТ1) и линии – восстановителя фертильности ВИР195. Расщепление по фертильности/стерильности в исходной популяции F₂, включавшей 262 растения, было близко к отношению моногенному (3F : 1S), следовательно, признак восстановления фертильности в данной комбинации скрещивания находился под контролем одного локуса (предположительно, *Rf1*). Растения были выращены в 2021 году на полях научно-производственной базы «Пушкинские и Павловские лаборатории ВИР». Каждое растение оценивали по морфологическим признакам в полевых условиях. В отделе генетики ВИР из зеленых листьев выделяли ДНК и с помощью микросателлитного маркера ORS511, сцепленного с локусом *Rf1* (группа сцепления 13), а также маркеров других групп сцепления проводили генотипирование. Среди растений F₂ пять оказались высоко фертильными, семь – стерильными, три – с промежуточным фенотипом (полуфертильными), два – химерами. У полуфертильных растений были видны тычинки, тогда как пыльники оказались недоразвитыми. В группе растений F₃ отмечены три фертильных, три стерильных и одно химерное. У растений с химерным фенотипом цветки в первых трех кругах цветения были фертильными, а в центральной части корзинки – стерильными. Пыльца фертильных и химерных растений была окрашена ацетокармином и проанализирована с помощью микроскопа Axio Imager Z1, входящего в ЦКП «Клеточные и молекулярные технологии изучения растений и грибов» Ботанического института им. В.Л. Комарова РАН (Санкт-Петербург). Фертильность пыльцы исходных растений F₁ составляла около 90%. При цитологическом анализе обнаружена

значительная гетерогенность фертильных растений по качеству пыльцы. Размах изменчивости морфометрических параметров пыльцевых зерен (их окраски и диаметра) у изученных растений оказался значительным: от высоких значений показателя фертильности (85–97%) через группу со средними показателями фертильности (72–74%) до низкофертильных генотипов с уровнем фертильности 10–56%. У большинства фертильных и химерных растений обнаружен маркер ORS511 доминантного аллеля гена восстановления фертильности. У стерильных растений маркер отсутствовал. Наличие маркерного фрагмента у единичных стерильных генотипов и его отсутствие у фертильных рассматривается как результат рекомбинационных событий.

ВЛИЯНИЕ УДОБРЕНИЙ И БИОПРЕПАРАТА НА УРОЖАЙНОСТЬ ЗЕЛЕННОЙ МАССЫ ЯРОВОГО РАПСА В УСЛОВИЯХ ЕВРОПЕЙСКОГО СЕВЕРА РФ

О.О. Чернышева*, В.В. Вахрушева, Е.Н. Придильщикова
Вологодский научный центр Российской академии наук, Вологда, Россия,
*olechkaaronova@gmail.com

THE EFFECT OF FERTILIZERS AND A BIOLOGICAL PRODUCT ON THE GREEN BIOMASS YIELD OF SPRING RAPESEED UNDER THE CONDITIONS OF THE EUROPEAN NORTH OF THE RUSSIAN FEDERATION

O.O. Chernysheva*, V.V. Vakhrusheva, E.N. Pryadilshchikova
Vologda Research Center of the Russian Academy of Sciences, Vologda, Russia,
*olechkaaronova@gmail.com

Яровой рапс относится к ценным масличным и кормовым культурам. Сегодня выращиванию такого растения уделяют все больше внимания, т. к. рапсовое масло успешно применяется не только в пищевой, но и в химической, косметологической и энергетической промышленности. Оно также является ценным видом высокобелкового корма для животных.

Исследования проводились в полевом опыте на опытном поле СЗНИИМЛПХ – обособленного подразделения ФГБУН «Вологодский научный центр РАН» расположенном в д. Дитятьево Вологодского района. Полевой опыт по изучению сортов ярового рапса включал 9 вариантов в 3-кратной повторности. Изучаются три гибрида ярового рапса: Джой КВС, Джером и Джаз КВС (на различных фонах с минеральными удобрениями $N_{90}P_{60}K_{60}$, с микробиологическим препаратом Бисолби-Т и смешанный фон с минеральными удобрениями $N_{90}P_{60}K_{60}$ + микробиологический препарат Билсолби-Т). Почва под полевым опытом – дерново-подзолистая, среднесуглинистая, осушенная, среднекультуренная. На опытном поле минеральные удобрения вносились в 2022 году в дозе: $N_{90}P_{60}K_{60}$. Подготовка почвы под культуру применялась общепринятая для зоны. На опытном поле посев рапса был проведен 18 мая. Растения развивались в первый месяц медленно. Высота на 8 июня составляла от 12 до 18 см. 12 июля 2022 года произведен учет урожайности рапса ярового на зеленую массу. Высота рапса ярового к уборке на зеленую массу в среднем составила от 45 до 74 см. Урожайность зеленой массы зависела от сорта рапса и применения минеральных удобрений и микробиологического препарата и составляла от 4,83 до 13,17 т/га. Питательная ценность полученной зеленой массы ярового рапса: по содержанию протеина выделился гибрид Джой КВС (на фоне минеральное удобрение $N_{90}P_{60}K_{60}$ и минеральное удобрение $N_{90}P_{60}K_{60}$ + микробиологический препарат Бисолби-Т) 14,87–15,02% и гибрид Джаз КВС на фоне (минеральное удобрение $N_{90}P_{60}K_{60}$) 14,84%. Высокое содержание жира выявлено у гибрида Джой КВС и Джаз КВС (с фоном минеральное удобрение $N_{90}P_{60}K_{60}$) – 3,14–3,16% в 1 кг СВ.

На основании проведенного полевого опыта и наблюдений в условиях производственного посева установлено:

- по урожайности зеленой массы 13,17 т/га СВ выделился сорт Джой КВС (на фоне минеральное удобрение $N_{90}P_{60}K_{60}$ + микробиологический препарат Бисолби-Т).

THE EFFECT OF ULTRA-LOW TEMPERATURES ON THE GERMINATION OF OIL CROP SEEDS AND BIOCHEMICAL COMPOSITION IN LEAVES

N.G. Kon'kova¹, G.F. Safina¹, A.G. Dubovskaya¹, V.G. Verzhuk¹, Z.V. Radchikov²,
V.S. Shirokova², A.E. Solovyeva¹

¹ N.I. Vavilov All-Russian Institute of Plant Genetic Resources, St. Petersburg, Russia,
n.konkova@vir.nw.ru

² St. Petersburg State Agrarian University, St. Petersburg, Russia

ВЛИЯНИЕ СВЕРХНИЗКИХ ТЕМПЕРАТУР НА ВСХОЖЕСТЬ СЕМЯН МАСЛИЧНЫХ КУЛЬТУР И БИОХИМИЧЕСКИЙ СОСТАВ ЛИСТЬЕВ

Н.Г. Конькова¹, Г.Ф. Сафина¹, А.Г. Дубовская¹, В.Г. Вержук¹, З.В. Радчиков²,
В.С. Широкова², А.Е. Соловьева¹

¹ Федеральный исследовательский центр Всероссийский институт генетических ресурсов растений имени Н.И. Вавилова, Санкт-Петербург, Россия, n.konkova@vir.nw.ru

² Санкт-Петербургский государственный аграрный университет, Санкт-Петербург, Россия

Alongside with the classical storing methods of the plant's gene pool at a low negative temperature, methods of storing seeds at ultra-low temperatures are used. The aim of the study is to determine the effect of the oilseeds cryopreservation on their germination and leaves biochemical composition. Samples of rapeseed and camelina from the VIR collection served as the objects of the study. Seed germination was determined according to GOST 12038-84, humidity according to GOST 10856-96, biochemical analysis was carried out as follows: ascorbic acid was titrated with Tilman's paint; sugars were determined by Bertrand method; pigments (chlorophylls A and B, carotenoids, total carotene content) – by spectrophotometric method (Ermakov et al., 1987). For cryopreservation, the seeds were placed in plastic cryotubes and immersed in liquid nitrogen (-196°C). Rapeseed and camelina seeds of the 2020 reproduction year were kept in liquid nitrogen for a week. The initial average moisture content of the rapeseed collection samples was 6.0% and camelina – 6.7%; the germination energy of rapeseed was 93.1% and germination – 94.3%, camelina seeds were 96.7% and 97.3%, respectively. After cryopreservation, rapeseed had a decrease in germination energy to 77.3% and germination to 85.7%, as for camelina, these indicators remained approximately at the same level – germination energy 95.5%, germination 98.4%. Then, after cryopreservation, the seeds were sown in the field at the VIR experimental station. At the rosette stage, a biochemical analysis of the leaves was carried out and showed significant differences between the control and experimental samples. The study showed that both crops had an increase in the content of ascorbic acid after cryopreservation, on average camelina increased by 7.72% and rapeseed by 3.81%. The average indicators of the total sugar content in camelina leaves increased by 0.32%, in rapeseed leaves by 0.81%. Considering the pigment composition of camelina leaves, there was a decrease in the total content of chlorophyll (A+B), carotenoids and carotenes by an average of 3.5 mg/100 g, 6.8 mg/100 g, 0.43 mg/100 g, respectively. On the contrary, the study of the pigment composition of rapeseed leaves showed an increase in the total content of chlorophyll (A+B), carotenoids and carotenes by 3.14 mg/100 g, 1.93 mg/100 g, 1.03 mg/100 g, respectively. As a result of the study, a sample of camelina k-3958 (Ukraine) and a sample of rapeseed k-2603 (Russia) were distinguished, these samples showed an increase in detectable substances in comparison with the control. Also, samples of camelina k-4056 (Omsk region) and rapeseed k-5455 (Krasnodar region) were distinguished with a reduced content of detectable substances in comparison with the control, with the exception of ascorbic acid. Thus, the reaction of rapeseed and camelina to the effects of liquid nitrogen is different and depends on the particular sample genotype.

**СЕКЦИЯ. ГЕНЕТИЧЕСКИЕ РЕСУРСЫ
ПЛОДОВЫХ КУЛЬТУР**

SECTION. GENETIC RESOURCES OF FRUIT CROPS

ГЕНЕТИЧЕСКОЕ РАЗНООБРАЗИЕ КЛОНОВЫХ ПОДВОЕВ ЯБЛОНИ ИЗ КОЛЛЕКЦИИ ФГБОУ ВО МИЧУРИНСКИЙ ГАУ ПО ДАННЫМ SSR-АНАЛИЗА

К.В. Борис^{1*}, М.Л. Дубровский^{1, 2}, И.Н. Шамшин^{1, 2}, А.А. Трифонова¹

¹ Институт общей генетики им. Н.И. Вавилова РАН, Москва, Россия, *docboris@mail.ru

² Мичуринский государственный аграрный университет, Мичуринск, Россия

GENETIC DIVERSITY OF APPLE-TREE CLONAL ROOTSTOCKS FROM THE COLLECTION OF MICHURINSK STATE AGRARIAN UNIVERSITY ACCORDING TO SSR ANALYSIS RESULTS

K.V. Boris^{1*}, M.L. Dubrovsky^{1, 2}, I.N. Shamshin^{1, 2}, A.A. Trifonova¹

¹ Vavilov Institute of General Genetics of the Russian Academy of Sciences, Moscow, Russia, docboris@mail.ru

² Michurinsk State Agrarian University, Michurinsk, Russia

Клоновые подвои являются важным технологическим элементом современного садоводства. Они позволяют направленно управлять силой роста, скороплодностью и продуктивностью плодовых деревьев, их устойчивостью к отдельным вредителям и болезням. Выбор конкретного типа клонового подвоя определяет тип сада и его отдельные особенности – наиболее слаборослые подвои используются для интенсивных насаждений увеличенной плотности посадки и требуют наличия опорной конструкции для деревьев – шпалеры, а среднерослые формы подходят для создания безопорных садов с увеличенными кронами деревьев. Лидером в России в области селекции клоновых подвоев яблони является Мичуринский государственный аграрный университет, где исследования проводятся на протяжении более 80 лет и создана значительная генетическая коллекция исходных форм рода *Malus* Mill., их гибридов, районированных и перспективных клоновых подвоев.

Для оценки генетического разнообразия и паспортизации 78 клоновых подвоев яблони из коллекции ФГБОУ ВО Мичуринский ГАУ были выбраны 23 SSR-маркера. Фрагментный анализ проводили на автоматическом генетическом анализаторе ABI Prism 3500 (Applied Biosystems).

Все использованные в работе маркеры были полиморфными. Всего для 78 подвойных форм было идентифицировано 238 аллельных вариантов. Количество аллелей на локус варьировало от 5 (*Hi01c04*) до 21 (*CH04f10*), при среднем значении 10,35. Уровень информативности микросателлитных маркеров был достаточно высоким, среднее значение показателя PIC (Polymorphism Information Content) составило 0,73 и варьировало от 0,60 (*CH02c02b*) до 0,87 (*CH04f10*).

Уникальные аллельные варианты были идентифицированы в 21 из 23 проанализированных локусов, а для локуса *CH02c02a* было детектировано наибольшее число уникальных аллелей (5). Всего для изученной выборки было выявлено 49 уникальных аллелей, которые встречались у 25 образцов. Наибольшее число таких аллелей идентифицировано для образцов G16 (зарубежная подвойная форма, полученная от скрещивания с *M. floribunda*) и 14-1 (подвойная форма, полученная в Мичуринском ГАУ в результате самоопыления *M. sieboldii*) (10 и 8 уникальных аллелей соответственно). Также в изученной выборке было обнаружено много редких аллельных вариантов (частота встречаемости менее 5%) – 71.

Средний показатель ожидаемой гетерозиготности для изучаемой выборки оказался достаточно высоким и составил 0,76. Каждый из исследованных 78 образцов характеризовался уникальным для данной выборки набором аллелей, который может быть использован для их идентификации.

Коэффициент генетического сходства Дайса между образцами в среднем составил 0,36. Максимальное значение этого показателя (0,98) отмечено для пары образцов Парадизка Будаговского и 57-146 (получен от свободного опыления Парадизки Будаговского), а также для образцов Малыш Будаговского и 76-6-13 (0,93), полученных от одной гибридной комбинации. Наименьший уровень сходства имели образцы 9-1-4 и G16 (0,03).

На основе коэффициента сходства Дайса был проведен кластерный анализ методом попарного невзвешенного среднего (UPGMA). Кластеризация образцов на полученной дендрограмме связана в основном с их родословными. Так, обособленное положение занимают формы, полученные с использованием дикорастущих видов яблони (14-1 и G16). Совместно кластеризуются образцы, полученные от одной гибридной комбинации (например, шесть из восьми подвоев, полученных от свободного опыления формы 82-27-6, также четыре из шести образцов, полученных от скрещивания формы 57-157 и сорта 'Строевское' и другие). Также отметим совместную кластеризацию образцов, имеющих в своей родословной подвой Парадизка Будаговского.

Анализ методом главных координат, помимо разделения образцов согласно родословным, позволил выявить дифференциацию зеленолистных и краснолистных подвойных форм, по-видимому, также связанную с их происхождением. Кроме того, для анализа использовались микросателлитные локусы, ассоциированные с силой роста подвоев. Для ряда образцов были выявлены аллели, характерные для слаборослых форм.

Исследование выполнено за счет гранта РФФИ № 22-26-00326.

РОД *PAEONIA* L. В КОЛЛЕКЦИИ ВИР

М.В. Васильева

Федеральный исследовательский центр Всероссийский институт генетических ресурсов растений имени Н.И. Вавилова, Санкт-Петербург, Россия, vasilieva@vir.nw.ru

THE GENUS *PAEONIA* L. IN THE VIR COLLECTION

M.V. Vasileva

N.I. Vavilov All-Russian Institute of Plant Genetic Resources, St. Petersburg, Russia, vasilieva@vir.nw.ru

Пионы – широко известные и популярные в любых садах декоративные корневищные многолетники с очень крупными, яркими, чаще всего ароматными цветками. С давних времен пионы украшают наши сады. В настоящее время в мире известно 36 видов пионов (2 вида используют в медицине в качестве лекарственного сырья и около 15 видов применяют в декоративном садоводстве). Пионы известны в Европе с XX века, но основная селекционная работа началась в начале XIX века, в Америке – во второй половине XIX века. Франция и США – лидеры по количеству выведенных сортов травянистых пионов. Всего в мире зарегистрировано более 4600 сортов. В России селекцией пионов занялись только после войны. В 1949 году в Главном ботаническом саду в Москве была создана группа, целью которой было выведение отечественных сортов пиона. Работа велась на базе сортов, полученных из питомников Европы через Всероссийский институт растениеводства (ВИР) в Ленинграде. Всего советские селекционеры вывели чуть менее 200 сортов.

Коллекция пионов в ВИР была заложена на Павловской опытной станции в 30-е годы прошлого столетия выдающимся ученым Николаем Ивановичем Кичуновым. Выписав из Франции 70 сортов *Paeonia officinalis* L., он начинает изучение этой ценной для севера декоративной культуры. До сегодняшнего дня в ВИР сохранилось 30 из этих французских сортов. В настоящее время коллекция пионов насчитывает 176 образцов, из которых 5 образцов – дикие виды и 171 образец – культурные сорта. Коллекция сортовых пионов состоит на 39% из сортов, выведенных в США, 32% – сорта Франции и 20% – сорта советской селекции.

Представленное в коллекции разнообразие сортов по времени их создания охватывает временной промежуток более 150 лет (с 1824 по 1989 гг.). Основная часть сортов пионов, представленных в коллекции, была создана в XX веке (72%), но есть и сорта, возраст которых почти 200 лет. Это французские сорта ‘Madame E. Doriat’, ‘Edulis Superbe’ и ‘Argentine’ – созданные в 1824 году. Форма цветка является важнейшим отличительным признаком в классификации пионов. Всего выделяется 6 групп: немахровая (простая) форма, полумахровая, японская, анемоновидная, махровая и экзотическая. Цветки махровой формы подразделяются в свою очередь на корончатые, розовидные, полушаровидные, шаровидные и бомбовидные. В коллекции ВИР большая часть образцов с махровыми цветками – 81% (144 образца). Немахровая форма цветка – 8% (15 образцов), полумахровая форма – 6% (10 образцов), японская форма – 3% (6 образцов) и 1 образец имеет анемоновидную форму.

Коллекция диких видов пиона представлена следующими видами: *P. anomala* L., *P. anomala* var. *typical* Huth., *P. lactiflora* Pall., *P. officinalis* L., *P. tenuifolia* L. Все эти виды, за исключением *P. officinalis*, относятся к редким и охраняемым, и имеют широкое применение в селекции. Все известные сорта пионов – это внутривидовые или межвидовые гибриды пиона молочноцветкового (*P. lactiflora*). Поэтому сортовые пионы часто называют пионами гибридными. Анализ многолетних фенологических данных показал, что отличительной особенностью видов является более раннее цветение

по сравнению с сортами. Видовые пионы зацветают с 15–20 мая. И хотя эти сроки непостоянны и зависят от погодных условий, но они опережают начало цветения сортовых пионов на 2-3 недели. Эти виды широко распространены и в декоративном садоводстве.

Изучение и сохранение генетического разнообразия культурных растений является одной из наиболее важных задач. Для изучения генофонда пиона травянистого, наряду с традиционными методами (морфологическое описание сортов, фенологические наблюдения) нужно использовать и молекулярные методы. Это нужно для определения уровня внутривидового полиморфизма, а также для паспортизации сортов. Коллекция ВИР уникальна не только старинными французскими сортами, мы сохранили 30 сортов отечественной селекции, которые остались лишь в редких частных коллекциях и в коллекциях ботанических садов. Все эти сорта не уступают по своим декоративным качествам зарубежным сортам. И могут служить основой импортозамещения пионов иностранной селекции.

**КРИОКОНСЕРВИРОВАНИЕ В ПАРАХ ЖИДКОГО АЗОТА
И ЖИЗНЕСПОСОБНОСТЬ ПОЧЕК ПЕРСИКА ОБЫКНОВЕННОГО
(*PERSICA VULGARIS* MILL.) ИЗ ГЕНЕТИЧЕСКОЙ КОЛЛЕКЦИИ ВИР**

**В.Г. Вержук¹, В.Г. Еремин², Т.А. Гасанова², О.В. Еремина², Л.Ю. Новикова¹,
О.В. Путин², Г.И. Филипенко¹, М.Н. Ситников¹, А.В. Павлов¹**

¹ Федеральный исследовательский центр Всероссийский институт генетических ресурсов растений им. Н.И. Вавилова, Санкт-Петербург, Россия, vverzhuk@mail.ru

² Федеральный исследовательский центр Всероссийский институт генетических ресурсов растений им. Н.И. Вавилова, Крымская опытно-селекционная станция – филиал ВИР, Крымск, Россия

**CRYOPRESERVATION IN LIQUID NITROGEN VAPOR AND VIABILITY
OF PEACH (*PERSICA VULGARIS* MILL.) BUDS FROM THE GENETIC
COLLECTION OF VIR**

**V.G. Verzhuk¹, V.G. Eremin², T.A. Gasanova², O.V. Eremina², L.Yu. Novikova¹,
O.V. Putin², G.I. Filipenko¹, V.N. Sitnikov¹, F.V. Pavlov¹**

¹ N.I. Vavilov All-Russian Institute of Plant Genetic Resources, St. Petersburg, Russia, vverzhuk@mail.ru

² N.I. Vavilov All-Russian Institute of Plant Genetic Resources, Krymsk Experiment Breeding Station of VIR, Krymsk, Russia

Задачи сбора, сохранения, изучения и использования генетических ресурсов, являются экономически необходимыми и связанными, в первую очередь, с продовольственной безопасностью нашей страны. Для выполнения этих задач проводится изучение сохраняемого *ex situ* и *in situ* разнообразия генетических ресурсов растений России, включая коллекционные сады и питомники филиалов ВИР. Кроме сохранения генофонда в коллекционных насаждениях, растения можно хранить в генетических банках в виде семян, при небольшой отрицательной температуре, сохраняя высокую жизнеспособность образцов в течение десятилетий. Однако в коллекции ВИР находятся образцы плодовых и ягодных культур, размножаемых вегетативно, которые при семенном размножении теряют признаки материнского растения в следующих поколениях. Для этих культур используются в практике методы криоконсервации вегетативных частей растений – однолетних побегов, почек, а также пыльцы и меристем, сохраняемых в жидком азоте или его парах при сверхнизкой температуре –183...–185°C. Эти методы обеспечивают долгосрочное хранение генетических ресурсов плодовых культур для селекционных нужд. Однако для персика криоконсервация черенков со спящими почками в парах жидкого азота, до настоящего времени практически не применялась.

В 2019–2021 годах для криоконсервации были отобраны черенки со спящими почками пяти сортов персика, произрастающих в полевом генбанке Крымской опытно-селекционной станции ВИР. Трехфакторный дисперсионный анализ показал, что на жизнеспособность черенков персика значимо влияли год сбора материала ($p < 0,001$) и сорт ($p < 0,001$). По среднетрехлетним характеристикам дисперсионный анализ показал достоверную разницу в жизнеспособности сортов после криоконсервации ($p = 0,004$). По результатам трехлетнего изучения сорта ‘Подарок Крыма’ (43,3%) и ‘Лаки 24 Б’ (44,4%) показали самую низкую жизнеспособность после криоконсервации, значительно ниже, чем сорта ‘Baby Gold’ (54,4%) и ‘Устойчивый 90’ (55,6%). Промежуточное положение занимал ‘Любимец Краснодар’ (48,9%). Эти значения жизнеспособности – от 43,3% до 55,6%, превышали минимальные требования к образцам, закладываемым на длительное хранение в криобанк. Год сбора материала достоверно влиял на исходную

жизнеспособность почек ($p = 0,032$), влияние на жизнеспособность после криохранения было незначительным ($p = 0,676$).

В целом можно заключить, что метод криоконсервации спящих вегетативных почек прост, эффективен и хорошо подходит для криоконсервации генофонда персика.

БИОРЕСУРСНАЯ КОЛЛЕКЦИЯ ЯБЛОНИ ФГБНУ ВНИИСПК

А.М. Галашева, Е.Н. Седов, Н.Г. Красова, М.В. Лупин, М.Ф. Цой

Всероссийский научно-исследовательский институт селекции плодовых культур,
Орловская область, Россия, galasheva@vniispk.ru

THE APPLE-TREE BIORESOURCE COLLECTION OF THE RUSSIAN RESEARCH INSTITUTE OF FRUIT CROP BREEDING

A.M. Galasheva, E.N. Sedov, N.G. Krasova, M.V. Lupin., M.F. Tzoy

All-Russian Research Institute of Fruit Crop Breeding, Orel Province, Russia,
galasheva@vniispk.ru

Всероссийский научно-исследовательский институт селекции плодовых культур с 1845 года (Орловский древесный питомник) работает как помологическое учреждение. Основной плодовой культурой является яблоня. С 1845 по 1869 изучалось всего около 20 сортов яблони. С 1869 года изучение сортов яблони увеличилось до 46. С 1896 года коллекция питомника расширилась, за счет черенков и саженцев американских и канадских сортов яблони (44 сорта), выписанных департаментом земледелия из Северной Америки. С 1922 года питомнику дали название Орловский помологический рассадник, в котором планировалось размножить следующие сорта яблони: зимние – Антоновка каменичка, Бабушкино, Варгуль, Добрый крестьянин, Ренет курский золотой, Скрыжапель, Репка Богдановская, Озимое, Борсдофское луковичное, Антоновка обыкновенная, Апорт зимний (Пастуховка), Пепинка литовская, Слянка курская, Коричное полосатое; осенние – Штрейфлинг, Боровинка белая и красная; летние – Грушовка московская, Малиновка (Суйслепское), Папировка, Репка Капылова и Коричное красное (клон Коричного полосатого). В 1929 году коллекцию пополнили 23 сортами из США (из питомника Американ Фрут Гроуэр Ассошиэйшен в г. Женева штата Нью-Йорк): Джонатан, Вайнсеп, Уэлси, Мекинтош, Болдуин, Зимний банан, Норзенспай, Старк, Губбардстон, Золотое Грайма, Вагнер, Делишес, Гено, Зеленка айлендская, Гравенштейн, Бен-Девис, Феймьюз, Томкинс-кинг, Кортланд, Роксбери Рессет, Йелоу Ньютон, Ром Бьюти, Стейман. В довоенные годы генофонд был небольшой. В 1938 году выращивали в помологическом саду 110 сортов яблони, из них мичуринских – 24, североамериканских и канадских – 32 и среднерусских – 54. В 1955 году генетическая коллекция насчитывала 177 сортов яблони. С 1956 года академиком РАН Е.Н. Седовым и доктором сельскохозяйственных наук В.П. Семакиным начата очень активное экспедиционное обследование колхозных и любительских садов Орловской области и других областей. Коллекция была пополнена большим количеством местными сортами и формами. С 1972 года занималась изучением генофонда станции доктор с.-х. наук Н.Г. Красова. В 1992 году Научно-исследовательский институт селекции и сорторазведения плодовых культур получил статус Всероссийский научно-исследовательский институт селекции плодовых культур. Цель исследований – сбор, сохранение, пополнение и изучение генофонда яблони, выявление источников и доноров ценных признаков для использования в селекции при создании новых сортов. В 2016 году была создана уникальная научная установка, коллекция живых растений открытого грунта «Генофонд плодовых, ягодных и декоративных культур Федерального государственного бюджетного научно-исследовательского института «Всероссийский научно-исследовательский институт селекции плодовых культур» (УНУ ГФ ВНИИСПК). В 2021 г. переименована в «Биоресурсную коллекцию ВНИИСПК» (БРК ВНИИСПК). В настоящее время Биоресурсная коллекция ВНИИСПК насчитывает 779 сортообразцов яблони из 25 стран мира. Коллекция состоит из 642 сортов (Россия – 410, Латвия – 41, Беларусь – 31, Украина – 26, США – 23, Швеция – 17, Канада – 14, Германия – 13,

Финляндия – 13, Польша – 8, Казахстан – 6, Узбекистан – 6, Литва – 5, Чехия – 5, Франция – 3, Италия – 3, Молдавия – 3, Румыния – 2, Эстония – 2, Великобритания – 2, Нидерланды – 1, Австралия – 1, Корея – 1, Швейцария – 1, Япония – 1) и из 137 гибридных форм (Россия – 124, Беларусь – 10, Украина – 2, Литва – 1). Биоресурсная коллекция состоит из 410 российских сортов 92 сорта принадлежит селекции академика РАН Седова Е.Н., из них которых 64 сорта входят в государственный реестр селекционных достижений допущенных к использованию (2022 г.): Августа, Александр Бойко, Афродита, Бежин луг, Болотовское, Вавиловское, Василиса, Веняминовское, Ветеран, Восторг, Гирлянда, Дарена, День победы, Желанное, Зарянка, Здоровье, Ивановское, Имрус, Кандиль орловский, Кармен, Куликовское, Курнаковское, Марго, Масловское, Министр Киселёв, Морозовское, Низкорослое, Олимпийское, Орлик, Орлинка, Орловим, Орловская Есения, Орловская заря, Орловский партизан, Орловский пионер, Орловское полесье, Орловское полосатое, Орфей, Осиповское, Память Хитрово, Память воину, Память Исаева, Память Семакину, Патриот, Пепин орловский, Поэзия, Праздничное, Приокское, Радость Надежды, Раннее алое, Рождественское, Свежесть, Синап орловский, Славянин, Солнышко, Союз, Старт, Строевское, Талисман, Тургеневское, Юбилей Москвы, Юбиляр, Юнона, Яблочный Спас. В создании орловских сортов большую роль сыграли сорта народной селекции, которые до сих пор сохранены в Биоресурсной коллекции ВНИИСПК: Антоновка обыкновенная, Антоновка сладкая, Анис алый, Бабушкино, Варгуль воронежский, Грушовка московская, Коричное полосатое, Коробовка, Малиновка желтая, Мирончик, Осеннее полосатое (Штрифель), Папировка (Белый налив), Папировка тетраплоидная, Пепинка литовская, Ренет золотой курский, Скрыжапель, Суйслепское, Черное дерево. Каждый год институт пополняет коллекцию 8–10 сортами с других научных учреждений и 1–5 сортами и формами с помощью своей селекции. В Биоресурсную коллекцию ВНИИСПК входят сорта других российских научных учреждений: Дальневосточного научно-исследовательского института сельского хозяйства (ДВ НИИСХ); Красноярского научно-исследовательского института сельского хозяйства – обособленного подразделения ФИЦ КНЦ СО РАН; Россошанской Зональной опытной станции; Федерального научного центра имени И.В. Мичурина; Федерального научного селекционно-технологического центра садоводства и питомниководства; Северо-Кавказского Федерального научного центра садоводства, виноградарства, виноделия; Федерального Алтайского научного центра агrobiотехнологии отдела «Научно-исследовательского института садоводства Сибири имени М.А. Лисавенко»; МГУ им. М.В. Ломоносова; ГБУ Самарской области Научно-исследовательского института садоводства и лекарственных растений Жигулевские сады; ФГБОУ ВО Нижегородской ГСХА; Свердловской селекционной станции садоводства – структурного подразделения ФГБНУ УрФАНИЦ УрО РАН; Научно-производственного предприятия «Опытной станции садоводства», г. Саратов; ФГБНУ «Федерального научного центра кормопроизводства и агроэкологии им. В.Р. Вильямса» Всероссийского научно-исследовательского института люпина; ТатНИИСХ ФИЦ КазНЦ РАН; Федерального исследовательского центра Всероссийского института генетических ресурсов растений имени Н.И. Вавилова (ВИР). Пополнение, сохранение и изучение Биоресурсной коллекции ВНИИСПК помогает в создании новых адаптивных, высокопродуктивных, скороплодных сортов с плодами высокого качества и с удобным габитусом роста.

IN VITRO КОЛЛЕКЦИЯ ЯГОДНЫХ И ПЛОДОВЫХ КУЛЬТУР УМЕРЕННОГО КЛИМАТА В СТРУКТУРЕ ГЕНБАНКА ВИР

С.Е. Дунаева, О.А. Тихонова, С.Ю. Орлова, Т.А. Гавриленко

Федеральный исследовательский центр Всероссийский институт генетических ресурсов растений имени Н.И. Вавилова, Санкт-Петербург, Россия, dunaevase@mail.ru

IN VITRO COLLECTION OF TEMPERATE-CLIMATE BERRY AND FRUIT CROPS IN THE STRUCTURE AT THE VIR GENE BANK

S.E. Dunaeva, O.A. Tikhonova, S.Yu. Orlova, T.A. Gavrilenko

N.I. Vavilov All-Russian Institute of Plant Genetic Resources, St. Petersburg, Russia, dunaevase@mail.ru

В генетических банках растений вегетативно размножаемые культуры обычно сохраняется в полевых коллекциях. В крупных мировых генбанках существует три системы хранения: полевые коллекции и дублетные коллекции *in vitro*- и криоколлекции для сохранения наиболее ценных образцов в контролируемых условиях. Комплексное использование всех трех типов коллекций (полевой, *in vitro* и крио) обеспечивает надежное сохранение генетических ресурсов вегетативно размножаемых растений (Reedetal, 2004; Гавриленко и др. 2007; Panisetal, 2020).

Таблица. Состав *in vitro* коллекции ВИР ягодных и плодовых культур умеренного климата

Семейство	Род	Культура	Число образцов	Число микро-растений ~	В том числе			
					сортов	из них отечественных	гибридов	диких (число видов)
Rosaceae	Rubus L.	Малина	108	~600	91	65	0	17 (4)
		Ежевика	47	~250	24	0	0	23 (18)
	Prunus L.	Вишня, черешня; слива	46	~220	46	39	0	0
	Fragaria L.	Земляника	32	~170	28	20	0	4 (1)
	Sorbus L.	Рябина	11	~60	7	7	0	4 (4)
Grossulariaceae	Ribes L.	Смородина черная	69	~350	52	43	9	8 (3)
Caprifoliaceae	Lonicera L.	Жимолость	35	~200	15	15	0	элитные сеянцы 20
Итого	7	9	348	~1850	263	189	9	76 (30)

Работа с *in vitro*-коллекцией ягодных и плодовых культур в ВИР определяется следующими задачами:

1. Сохранение в контролируемых условиях среды дублетов наиболее ценных образцов полевой коллекции. К ним относятся сорта ранних лет селекции, отечественные сорта, большинство из которых не представлено в других генетических банках, а также доноры и источники хозяйственно ценных признаков; образцы дикорастущих видов, особенно произрастающие на территории России эндемики.

2. Сохранение выпавших из полевых коллекций образцов и их возвращение при необходимости в полевой генбанк в виде *ex vitro* растений.

3. Использование апексов побегов *in vitro* растений для криоконсервации и закладки образцов в криобанк ВИР на длительное хранение.

В последние годы мы существенно расширили Задачу 1. В соответствии с разработанным в ВИР комплексным подходе к регистрации генофонда отечественных сортов в генбанках (Гавриленко, Чухина, 2020), в настоящее время в коллекцию *in vitro* вводятся образцы, передаваемые авторами/соавторами сортов в Гербарий ВИР [WIR] вместе с набором официальных документов для создания номенклатурных стандартов. Таким образом, в *in vitro*-коллекции ВИР сохраняются образцы, генетически идентичные номенклатурным стандартам; часть из них включена в программу по генотипированию.

Для реализации Задачи 2 большое внимание отводится выведению пробирочных растений *ex vitro* и передаче их в полевые коллекции опытных станций – филиалов ВИР и в другие учреждения, в частности в ФГБНУ ФАНЦА (г. Барнаул). Разработанные в отделе биотехнологии подходы к адаптации *in vitro* растений малины, ежевики и черной смородины при выведении *ex vitro* обеспечили их высокую приживаемость в полевых условиях. В полевые коллекции передаются *ex vitro* образцы для пополнения их состава новыми образцами и изучения. Так, образцы сортов малины и ежевики, сохраненные в *in vitro*-коллекции ВИР, позволили существенно пополнить сортовой состав этих культур в полевой коллекции Майкопской опытной станции – филиала ВИР и сортовой состав малины в НПБ «Пушкинские и Павловские лаборатории ВИР». На Майкопской опытной станции у образцов малины и ежевики, переданных в виде *ex vitro* растений, было проведено изучение фенологических фаз развития, урожайности и устойчивости к биотическим и абиотическим факторам (Добренков и др. 2019; Добренков, Семенова, 2021). Всего из коллекции *in vitro* выведено и передано в полевой генбанк ВИР 122 образца малины, ежевики, вишни и черной смородины.

С использованием образцов малины из *in vitro*-коллекции ВИР был модифицирован метод дроплет-витрификации апексов побегов *in vitro* растений. В криобанк на долгосрочное хранение заложено 10 образцов отечественных сортов малины (900 апексов микропобегов), в числе которых образцы трех сортов селекции первой трети XX века (Камнев и др. 2022). Эти работы по Задаче 3 расширяются – в настоящее время проводится криоконсервация и закладка в криобанк ВИР образцов сортов малины, генетически идентичных номенклатурным стандартам.

**РАЗНООБРАЗИЕ МОРФОЛОГИЧЕСКИХ ПРИЗНАКОВ *TULIPA SUAVEOLENS* ROTH. В КРЫМСКИХ ПОПУЛЯЦИЯХ В СВЯЗИ
С ПЕРСПЕКТИВАМИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ В СЕЛЕКЦИОННОЙ РАБОТЕ**

В.К. Зыкова, Л.А. Рогатенюк

Никитский ботанический сад – Национальный научный центр РАН, Ялта, Россия,
aleksandrova-nbs@mail.ru

**DIVERSITY OF MORPHOLOGICAL FEATURES OF *TULIPA SUAVEOLENS* ROTH.
IN THE CRIMEAN POPULATIONS IN CONNECTION WITH THE PROSPECTS
FOR BREEDING PRACTICE**

V.K. Zyкова, L.A. Rogatenyuk

Nikita Botanical Gardens – National Research Center of the Russian Academy of Sciences,
Yalta, Russia, aleksandrova-nbs@mail.ru

Садовые тюльпаны – одна из основных цветочно-декоративных культур, интродукцией и селекцией которых занимаются в Никитском ботаническом саду. Сейчас наши селекционные задачи – создание сортов устойчивых к комплексу грибных и вирусных болезней и к суховеям, приходящимся на время цветения тюльпанов. Некоторыми из требуемых нами признаков садовые тюльпаны обладают в малой степени, но зато эти признаки отмечены у произрастающего в Крыму *Tulipa suaveolens* Roth. Предполагается, что крымские популяции *T. suaveolens* (syn. *T. gesneriana* L., *T. schrenkii* Regel.) входят в число непосредственных предков садовых тюльпанов (Критская, Кашин, 2020). В настоящее время популяции тюльпанов в Крыму сохранились на небольших участках, которые строго охраняются. Обособленные популяции этого вида встречается в горах на Южном берегу Крыма, близ городов Балаклава и Ялта, а также степной части полуострова в Джанкойском и Краснопереконском районах. Наиболее крупные популяции *T. suaveolens* находятся на Керченском полуострове в Опукском природном заповеднике (ПЗ), Казантипском природном заповеднике (ПЗ) и Карларском природном парке (ПП). Целью работы был анализ морфологических признаков в этих трех популяциях Керченского полуострова для выявления перспектив привлечения растений из этих популяций в селекционную работу. Изучение возрастного состава популяции в Опукском ПЗ показало, что она в наибольшем количестве представлена имматурными и генеративными растениями, количество которых составило 34,9% и 32% от общего числа, соответственно. Также было отмечено 18,1% проростков, 12,4% ювенильных и 2,6% виргинильных растений. В популяции Казантипском ПЗ наибольшее количество растений находились в стадии проростков – 47%, имматурные растения составили 26%, генеративные – 15,5%, ювенильные – 12,6%. Популяция Карларского ПП представлена большим количеством ювенильных (44,3%) и генеративных (33,9%) растений, а также включает имматурные растения (12,2%) и проростки (9,4%). Большое количество вегетативных растений в изученных популяциях объясняется тем, что у тюльпанов от проростков до цветения проходит 6–8 лет. Проведенное изучение показало и явные различия по величине возрастных групп между популяциями, но для выявления причины этих различий необходима закладка стационарных площадок с многолетним мониторингом динамики возрастных групп популяций.

Анализ возрастной структуры изученных популяций показал, что все они представлены разновозрастными группами, начиная с проростков и до генеративных растений, что указывает на их высокую жизнеспособность. Было установлено, что растения в популяциях обладают разнообразием по изученным морфологическим признакам – окраске и форме цветка, высоте растений, длине и ширине листа. Окраска цветка является одним из самых важных декоративных признаков цветочных культур.

В изучаемых популяциях наиболее распространенной была красная окраска цветка, присутствовавшая у 52,1% цветков в Опускском ПЗ, 64,5% – в Казантипском ПЗ и 66,6% – в Караларском ПП. Среди оставшихся растений в Опускском ПЗ были обнаружены растения с 48 вариантами окраски, включающей оттенки желтого, оранжевого, розового, бордового цвета, белые и двухцветные с разными сочетаниями варианты. В Казантипском ПЗ 32 варианта, в основном красного с различными оттенками, от алого до темно фиолетово-красного цвета. Караларский ПП 42 варианта, в основном красные с разнообразными оттенками и оранжевые. Соответственно – две остальные популяции. Средняя высота растений тюльпана в популяциях Опускского ПЗ и Караларского ПП была сходной и составила 18,6 см и 18,2 см соответственно. В Казантипском ПЗ высота растений в среднем была 19,2 см с наиболее высоким коэффициентом вариации. Наиболее крупными цветками обладали тюльпаны Опускского ПЗ, где средняя высота цветка составила 3,9 см по сравнению с 3,6 в Караларском ПП и 3,1 в Казантипском ПЗ, где цветки оказались самыми мелкими. Длина первого листа у генеративных растений в Опускском ПЗ составила 14,7 см, в Казантипском – 13,6 см, в Караларском ПП – 13,2 см, а ширина листа составила 4,6 см в Опускском ПЗ, 3,5 в Караларском ПП и 2,9 в Казантипском ПЗ. Таким образом, *T. suaveolens* в популяциях на Керченском полуострове обладает высоким полиморфизмом по окраске и форме околоцветника, имеет высоко жизнеспособное разновозрастное потомство, высоко устойчивое к местным экологическим условиям. Популяция Опускского ПЗ характеризуется наибольшим полиморфизмом по признаку окраски цветка, наиболее крупным размером цветка и листьев и являются ценным генетическим ресурсом для использования в селекционной работе по выведению новых сортов, адаптированных к почвенно-климатическим условиям Крымского полуострова.

К ВОПРОСУ ПОВЫШЕНИЯ УСТОЙЧИВОСТИ К ФИТОПАТОГЕНАМ ДЕКОРАТИВНЫХ И ЛЕКАРСТВЕННЫХ РАСТЕНИЙ ИЗ БИОРЕСУРСНОЙ КОЛЛЕКЦИИ

И.Н. Калембет, Л.Г. Серая, С.А. Голибдовская, Т.А. Петровнина, Е.В. Бондарева
Всероссийский научно-исследовательский институт фитопатологии, Большие Вяземы,
Россия, traktorishki@list.ru

ON THE QUESTION OF RESISTANCE TO PHYTOPATOGENES OF ORNAMENTAL AND MEDICINAL PLANTS FROM THE BIORERESOURCE COLLECTION

I.N. Kalemбет, L.G. Seraya, S.A. Golimbovskaya, T.A. Petrovnina, E.V. Bondareva
All-Russian Research Institute of Phytopathology, Bolshiye Vyazemy, Russia,
traktorishki@list.ru

В 1958 году на территории института был заложен дендрарий редких дикорастущих растений из разных природных зон (в настоящее время насчитывает 116 видов). В 2016 году на его базе была создана биоресурсная коллекция декоративных и лекарственных растений (КДЛР), которая стала основной базой для выполнения государственных заданий и проведения фундаментальных, поисковых и прикладных научных исследований в области патологии декоративных, лекарственных и садовых культур (<http://vniif.ru/vniif/structure/collection/page/1558>).

Вначале 60-х гг. XX века была создана коллекция фитопатогенных микроорганизмов для изучения возбудителей болезней культурных растений (<https://doi.org/10.32634/0869-8155-2019-326-1-142-147>). В настоящее время постановлением Правительства РФ № 725-47с от 24.06.1996 г. коллекция включена в «Перечень коллекций, депонирующих для государственных нужд микроорганизмы» как «Государственная коллекция фитопатогенных микроорганизмов и сортов растений-идентификаторов патогенных штаммов микроорганизмов» на базе Всероссийского научно-исследовательского института фитопатологии (<http://vniif.ru/vniif/structure/collection/>). Коллекция постоянно пополняется и содержит штаммы опасных возбудителей болезней зерновых культур, картофеля, а с 2015 года – штаммы фитопатогенов, опасных для декоративных и лекарственных растений, выделяемых на базе отдела патологии декоративных и садовых культур (общее число штаммов свыше 4000).

Для 60 наименований из рода *Alternaria*, *Fusarium*, *Bipolaris*, *Phoma*, *Allophoma* и др. определены патогенность и токсичные свойства. Методы хранения, применяемые в коллекции фитопатогенов, разнообразны и совершенствуются: для ржавчинных грибов в холодильнике при +4°C, для прочих групп – под вазелиновым маслом, под слоем стерильной воды, а также методом лиофилизации (хранение факультативных фитопатогенных грибов в лиофилизированном состоянии на полосках фильтровальной бумаги) и крио-консервация (хранение в низкотемпературных морозильниках при температуре –80°C споровой массы изолятов). Оживление изолятов проводят методом последовательных пересевов на агаризованную питательную среду. На каждый хранящийся фитопатогенный штамм коллекции заведена компьютерная информационная карта (паспорт) с указанием различных свойств штамма. В паспорте штаммов имеются данные, полученные в результате молекулярно-генетических исследований. Эти знания важны для поисковых работ устойчивых видов культурных растений при решении задач агропромышленного комплекса и озеленения, эффективных методов экологизированной защиты в разных условиях окружающей среды.

Выбор перспективных видов декоративных, садовых и лекарственных растений для биоресурсной коллекции определялся не только климатическими условиями планируемого местоположения посадки, но и типологией объектов ландшафтного дизайна – общественное использование (городские сады, скверы, набережные, сады районов и жилых групп, бульвары, пешеходные дороги) и места озеленения режимных заведений (высшие учебные заведения, школы и детские сады, лечебные учреждения, промышленные предприятия и гостиничные комплексы), а также возможными рисками потери декоративности и схемами защиты зеленых насаждений от фитопатогенов.

Коллекционный фонд отдела патологии декоративных и садовых культур ВНИИ фитопатологии включает 100 видов следующих родов *Aconitum*, *Allium*, *Alopecurus*, *Andropogon*, *Anemone*, *Arrhenatherum*, *Aruncus*, *Astilbe*, *Bergenia*, *Briza*, *Calamagrostis*, *Carex*, *Chamaenerion*, *Cimicifuga*, *Convallaria*, *Deschampsia*, *Dicentra*, *Echinacea*, *Equisetum*, *Festuca*, *Filipendula*, *Geranium*, *Glyceria*, *Hakonechloa*, *Helictotrichon*, *Helleborus*, *Hierochloa*, *Holcus*, *Hosta*, *Hylotelephium*, *Inula*, *Iris*, *Juniperus*, *Koeleria*, *Leymus*, *Luzula*, *Melica*, *Melissa*, *Mentha*, *Miscanthus*, *Molinia*, *Nepeta*, *Origanum*, *Panicum*, *Phalaroides*, *Phragmites*, *Pinus*, *Plantago*, *Poa*, *Podophyllum*, *Polemonium*, *Polygonatum*, *Primula*, *Pulmonaria*, *Sanguisorba*, *Sesleria*, *Sinopodophyllum*, *Sporobolus*, *Thalictrum*, *Valeriana*, *Verbena*, *Veronica*. В составе биоресурсной коллекции 13–14% растений представлены семейством астровые, 9–27% – яснотковые, менее 10% – прочие. Установлено значимое ($P\alpha = 95\%$) влияние условий окружающей среды (места произрастания) на степень поражения болезнями (34%) декоративных и лекарственных растений из биоресурсной коллекции. После систематических наблюдений из пораженных растений методами микробиологических исследований идентифицируют возбудителей инфекционных болезней и в виде чистой культуры (штамм) передают на хранение в Государственную коллекцию фитопатогенных микроорганизмов.

При работе по оценке устойчивости к фитопатогенам декоративных и лекарственных растений применяют специализированные методы. Выделенные с мест поражения на листьях и побегах коллекционных растений возбудители микозов тестируют по устойчивости к средствам биологической и химической защиты растений: 1) метод вырубков, при котором на чашке Петри выращивают тестовую культуру фитопатогена, затем анализируют динамику обрастания дисков, пропитанных веществами с фунгицидными свойствами; 2) метод встречных культур и оценка за ростом и зоной отчуждения возбудителя болезни и биопрепарата на основе штамма-антагониста и др. Одновременно оценивают резистентность коллекционных растений как к фитопатогенам, так и к средствам с фунгицидными свойствами, что важно в решении вопросов по совершенствованию технологий производства стратегических и лекарственных культур. Скрининг биологических фунгицидов показал эффективность препаратов на основе *Pseudomonas fluorescens* и *Streptomyces griseus* по лимитированию роста фитопатогенных грибов филлосферы коллекционных растений.

Работа выполнена в рамках государственного задания Министерства науки и высшего образования Российской Федерации (тема № 0598-2019-0004).

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ГЕНЕТИЧЕСКИХ РЕСУРСОВ КОЛЛЕКЦИИ НИКИТСКОГО БОТАНИЧЕСКОГО САДА В СЕЛЕКЦИИ САДОВЫХ РОЗ

З.К. Клименко, С.А. Плугатарь, В.К. Зыкова*

Никитский ботанический сад – Национальный научный центр РАН, Ялта, Россия,
*zykova.vk@mail.ru

USE OF GENETIC RESOURCES IN THE BREEDING OF GARDEN ROSES AT NIKITA BOTANICAL GARDENS

Z.K. Klimenko, S.A. Plugatar, V.K. Zyкова*

Nikita Botanical Gardens – National Research Center of the Russian Academy of Sciences,
Yalta, Russia Yalta, Russia, *zykova.vk@mail.ru

ФГБУН «Никитский ботанический сад – Национальный научный центр РАН» (НБС) в настоящее время является ведущей организацией в области интродукции и селекции садовых роз в нашей стране. Интродукция роз здесь была начата в 1812 г. первым директором НБС Х.Х. Стевеном, а спустя 12 лет, в 1824 г. второй директор Н.А. Гартвис не только активно продолжил интродукционные, но и впервые в России и Восточной Европе начал и селекционные исследования с садовыми розами. Коллекция роз при Н.А. Гартвисе включала около 200 сортов и форм роз, в основном, относящихся к десяти садовым группам, так называемых старинных роз: Gallica, Hybrid Alba, Centifolia, Damask, Tea, Bengal, Hybrid Moschata, Noisette, а также форм *Rosa sempervirens* L. и *R. pimpinellifolia* L. В селекционной работе он использовал методы индивидуального отбора сеянцев от посева семян свободного опыления, межсортовой и отдаленной гибридизации. Н.А. Гартвисом был создан 91 отечественный сорт.

К середине XX века состав коллекции роз НБС был практически полностью обновлен и включал, в основном, сорта, относящиеся к современным садовым группам Hybrid Tea, Shrub, Large-flowered Climber, Miniature, а также к группам роз Floribunda и Grandiflora. Селекционеры Н.Д. Костецкий, В.Н. Клименко, З.К. Клименко и К.И. Зыков активно вели селекционную работу и создали более 300 сортов и перспективных форм роз методами межсортовой, межгрупповой и сорто-видовой гибридизации, а также спонтанного и индуцированного мутагенеза. Селекционные исследования с использованием методов межсортовой и отдаленной гибридизации в настоящее время продолжает С.А. Плугатарь. В современной коллекции НБС представлены все 36 садовых групп, выделяемых по общепринятой международной классификации роз.

Всего в коллекции НБС прошли интродукционное изучение около 6000 сортов, видов и форм роз. Сорта и виды, успешно прошедшие интродукционное испытание и отобранные по комплексу биологических и декоративных признаков, были включены в селекцию в качестве исходных форм. Проведенный анализ полученных гибридных и мутантных форм позволил выявить около 200 сортов и видов – доноров ценных признаков, перспективных для использования в селекции. Среди них определены 85 сортов, в том числе 13 сортов селекции НБС, относящихся к 12 садовым группам (Hybrid Tea, Hybrid Perpetual, Tea, Shrub, Large-flowered Climber, Floribunda, Rambler, Hybrid Spinosissima, Hybrid Rugosa, Polyantha, Kordesii и Grandiflora), давших от двух до десяти перспективных потомков, и 10 наиболее ценных для селекции сортов, от которых было получено более десяти новых сортов и кандидатов в сорта. Последнюю группу составляют 8 сортов из группы чайно-гибридных роз – ‘Chrysler Imperial’, ‘Crimson Glory’, ‘Gloria Dei’, ‘Hortulanus Budde’, ‘Karl Herbst’, ‘Mme Edouard Herriot’, ‘Poinsettia’, ‘Spek's Yellow’; и два сорта из группы флорибунда – ‘Kirsten Poulsen’, ‘Kordes Sondermeldung’.

При отдаленной (сорто-видовой) гибридизации в качестве доноров устойчивости к грибным заболеваниям наиболее перспективным оказалось использование *R. fedtschenkoana* Regel, *R. foetida* var. *bicolor* Willmott, *R. kordesii* Wulff.

РАЗРАБОТКА КРИТЕРИЕВ ОЦЕНКИ СОРТОВ НА ОТЛИЧИМОСТЬ, ОДНОРОДНОСТЬ И СТАБИЛЬНОСТЬ НА ОСНОВЕ ГЕНЕТИЧЕСКОЙ КОЛЛЕКЦИИ ПРЕДСТАВИТЕЛЕЙ РОДА *CLARKIA* PURSH

Е.В. Королева

Новосибирский государственный аграрный университет, Новосибирск, Россия, coroleva-nsk@yandex.ru

DEVELOPMENT OF VARIETY EVALUATION CRITERIA FOR DISTINCTIVENESS, HOMOGENEITY AND STABILITY BASED ON THE GENETIC COLLECTION OF THE GENUS *CLARKIA* PURSH

E.V. Koroleva

Novosibirsk State Agricultural University, Novosibirsk, Russia, coroleva-nsk@yandex.ru

Однолетние декоративно-цветущие, холодостойкие травянистые растения из рода *Clarkia* Pursh. (Onagraceae Juss.) представляют полифункциональный интерес как для цветочного оформления урбанизированного пространства Новосибирска и городов Новосибирской области, так и для развития селекции и семеноводства в целях импортозамещения и сохранения *ex situ* видового биоразнообразия декоративных растительных ресурсов. В коллекционном фонде представлены семена различных видов кларкии, относящихся к калифорнийской флоре. Первые образцы были получены путем обмена между ботаническими садами из Москвы, Барнаула, Новосибирска, Румынии.

Формирование фрагментарной коллекции родового комплекса *Clarkia* было заложено в 2010 г. на базе Новосибирского государственного аграрного университета. Генетическая коллекция перспективных видов и сортов цветочных растений *Clarkia* обладает устойчивостью к резко-континентальным климатическим условиям лесостепной зоны Западной Сибири и дает полноценно вызревшие семена в условиях *ex situ*. В настоящее время биоресурсная коллекция включает 3 секции рода, 3 вида и подвид: *Rhodanthos*: *C. amoena* (Lehm.) A. Nelson & J.F. Macbr; *C. amoena* subsp. *lindleyi*, *Godetia*: *C. purpurea* (Curtis) A. Nelson & J.F. Macbr; *Phaeostoma*: *C. unguiculata* Lindl. Многие виды из этих секций являлись для традиционных систематиков рода *Clarkia* (Lewis, 1953, 1956, 1973; Lewis and Lewis, 1955) моделями по изучению его филогении и эволюционной дивергенции.

Основные задачи биоресурсной коллекции *Clarkia* – это накопление наследственной и модификационной изменчивости по комплексу ценных декоративных и хозяйственно-биологических признаков и свойств, сохранение устойчивых генотипов как исходного материала для проведения прикладных селекционных исследований и формирование надежных критериев оценки при проведении испытаний новых селекционных достижений на отличимость, однородность и стабильность.

Опыты по сортоизучению образцов *Clarkia* проводили в 2020–2022 гг. на коллекционном участке кафедры растениеводства и кормопроизводства в УПХ «Сад Мичуринцев» Новосибирского ГАУ. Были изучены 14 сортообразцов на стабильность и устойчивость фенотипических проявлений по ряду декоративно-ценных и хозяйственно-биологических качеств и свойств. Выделены контрольные и эталонные сорта для каждой секции: *Rhodanthos*: *C. amoena* (контроль: ‘Малиновая чаша’) и (эталон: ‘Герцог Йоркский’, ‘Герцогиня’, ‘Рембрандт’); *C. amoena* subsp. *lindleyi* (контроль: ‘Новосибил’ и ‘Белый букет’) и (эталон: ‘Сибил Шервуд’, ‘Оранжевое сияние’, ‘Сладкие сердечки’); *Godetia*: *C. purpurea* (контроль: ‘Лиловая фея’) и (эталон: *C. purpurea*); *Phaeostoma*: *C. unguiculata* (контроль: ‘Лебединое озеро’, ‘Коралловые рифы’) и (эталон: ‘Пурпурная’, ‘Сакура’). Эталонные сорта – в основном представители иностранной селекции. Испытываемый (контрольный) и похожий на него сорта высаживали на смежных

делянках в четырех повторениях и разбивали на группы для облегчения оценки на отличимость. Для группировки мы использовали 50 маркерных признаков, которые не варьировали или, варьировали незначительно в пределах сорта и их варьирование в пределах коллекции распределялось равномерно.

В результате проведения эксперимента все признаки были ранжированы по степени выраженности и из них выявлены наиболее стабильные и наиболее переменные, как качественные, так и количественные.

Определено, что все популяции кларкии из разных секций имеют одинаковые маркеры – генетически закрепленные морфобиологические и морфометрические признаки со степенью вариации равной 0–5%, такие как плоидность; наличие антоциановой окраски на различных частях растения (стебель, листовая пластинка, черешок, бутон, чашелистик); форма оси соцветия (прямая или загнутая); бутон (прямостоячий или висячий); пестролистность, габитус растения; высота растения; общая декоративность куста; наличие опушения на различных частях растения (побег, лист, бутон, чашелистик, коробочка); степень одревеснения главного стебля; размеры листовой пластинки, форма коробочки; степень раскрытия коробочки; форма и окраска листа; степень ветвления, обилие цветения; сроки начала цветения; продолжительность цветения; длительность жизни цветка; форма цветка; форма лепестка; число лепестков; основная окраска венчика и тип флоральной пигментации; диаметр венчика; степень махровости цветка и оригинальность; присутствие цветочного аромата; количество коротких и длинных тычинок, длина тычиночной нити с пыльником, окраска пыльников; длина пестика; высота завязи и положение, окраска рыльца; форма и окраска пыльца; степень свободы чашелистиков; длина и ширина чашелистика; форма семян; окраска семян; период созревания семян, масса 1000 семян, устойчивость растения к внешним факторам среды.

К наиболее переменным признакам, часто зависящим от климатических условий в момент развития растения на определенном этапе органогенеза мы отнесли следующие: тип роста; степень облиственности куста; длина междоузлия; количество пазушных почек; количество побегов второго и третьего порядков; длину кисти на побегах второго и третьего порядков; количество семян в коробочке; устойчивость к вредителям и болезням. Коэффициент вариации по данным признакам, в различные годы достигал 25%.

Исследования по изучению комплекса декоративных и хозяйственно-биологических качеств и свойств генетической коллекции видов и сортов трех секций *Clarkia* на базе Новосибирского государственного аграрного университета позволили разработать методику по проведению испытаний на отличимость, однородность и стабильность (ООС) в соответствии с документами Международного союза по охране новых сортов растений (УПОВ). Методика включает надежные критерии оценки, позволяющие точно идентифицировать новые сорта, гибриды и сортообразцы, относящиеся к родовому комплексу *Clarkia* по различным морфологическим и биологическим показателям, декоративным и хозяйственно-биологическим качествам и свойствам, а также поможет обеспечить достоверное заключение об их оригинальности и хозяйственной полезности. Наиболее стабильными оказались признаки, отвечающие за феноритмы цветения, биологию цветения и репродуктивную биологию. В 2021 г. в Государственной комиссии Российской Федерации по испытанию и охране селекционных достижений нами были зарегистрированы новые сорта кларкии ‘Малиновая чаша’ и ‘Лиловая фея’. В настоящее время, *C. purpurea* является оригинальным декоративным ресурсом, как для Западной Сибири, так и в целом для России. К регистрации подготовлены еще четыре новых сорта кларкии (оригинатор: ФГБОУ ВО Новосибирский ГАУ), перспективных для оформления цветников и фитодизайна.

ОСОБЕННОСТИ РОСТА И РАЗВИТИЯ РЕДКИХ ТАКСОНОВ РОДА *CITRUS* В УСЛОВИЯХ ВЛАЖНЫХ СУБТРОПИКОВ РОССИИ

А.С. Кулешов

Федеральный исследовательский центр «Субтропический научный центр Российской академии наук», Сочи, Россия, mister.alexandr.ru@gmail.com

GROWTH AND DEVELOPMENT FEATURES IN RARE TAXA OF THE GENUS *CITRUS* UNDER THE CONDITIONS OF RUSSIAN HUMID SUBTROPICS

A.S. Kuleshov

Federal Research Centre the Subtropical Scientific Centre of the Russian Academy of Sciences, Sochi, Russia, mister.alexandr.ru@gmail.com

Род *Citrus* относится к семейству Рутовые (Rutaceae) и является одной из самых распространенных плодовых культур, которая по производству плодов и занимаемой площади возделывания занимает лидирующие позиции в странах с благоприятными для ее выращивания почвенно-климатическими условиями. Одним из достоинств цитрусовых, является их долговечность и высокая урожайность. Плоды цитрусовых содержат в себе широкий спектр биологически активных веществ, которые благоприятно сказываются на здоровье человека. Кроме этого, в различных органах растений имеются вещества, обладающие фитонцидной активностью, которые способствуют оздоровлению микроклимата в различных помещениях. Обладая таким большим набором положительных качеств и свойств, цитрусовые по достоинству ценились с древних времен, упоминание об их возделывании датируется II-III тысячелетием до н. э. в Юго-Восточной Азии.

Род *Citrus* представлен большим видовым разнообразием с многочисленным количеством сортов и гибридов. Коллекция ФИЦ СНИЦ РАН насчитывает 138 сортообразцов, среди которых есть редкие виды и гибриды. Для определения адаптивности растений к определенным гидротермическим условиям, необходимо в первую очередь дать оценку особенностей роста и развития каждого таксона растений. Объектами исследований являлись: *Citrus aurantifolia* ('Tahiti', 'Foro'), *C. limon* 'Del brasil', *C. × meyeri*, *C. × limonelloides*, *C. × bergamia*, *C. × limetta* 'Chontipico', *C. × myrtifolia* 'Chinotto', *C. ichangensis*, *C. maxima* 'Sambokan', *C. medica* (цедрат, var. *sarcodactylis*). Растения высажены в контейнеры одинакового размера (15 л) и содержатся в условиях неотапливаемой теплицы. Фенологические наблюдения и измерения биометрических показателей проводили согласно «Программе и методике сортоизучения плодовых, ягодных и орехоплодных культур».

В годы исследования (2020–2021) гидротермические показатели места проведения опыта отличались. Наиболее заметные отличия были отмечены в летне-осенний период 2020 года, он характеризовался высокими значениями температуры (от 33 до 44°C), с сопровождением низкой влажности воздуха (в среднем не превышала 38%). В 2021 году наблюдалась обратная динамика, низкие средние значения температуры и высокая относительная влажность воздуха.

В результате изучения 13 таксонов рода *Citrus* в период 2020–2021 гг., установлено, что у всех изучаемых видов первый рост и бутонизация начиналась при среднесуточной температуре выше 13°C. В условиях влажных субтропиков России этот период приходится на конец марта – начало апреля. В течение периода вегетации *C. aurantifolia*, *C. aurantifolia* cv. 'Foro' и cv. 'Tahiti', *C. × limonelloides*, *C. × meyeri*, *C. × limetta* cv. 'Chontipico' и *C. × bergamia*, *C. medica* var. *sarcodactylus* проявляют ремонтантность и способны проходить до 3-4 периодов активного роста, а для остальных видов характерно 2 периода.

Гидротермические условия оказывают значительное влияние на прохождение фазы цветения. Наиболее прохладная погода способствует увеличению продолжительности фазы цветения, а условия, сопровождающие с высокими температурами и низкой влажностью, приводят к сокращению цветения и снижению урожая. Для исследуемых объектов характерно завязывание плодов без опыления или самоопыление, поэтому плоды завязываются в большом количестве. Сохранение завязи прежде всего зависит от влаги. Так за годы исследования, наиболее урожайными оказались все три лайма, а также *C. × meyeri*, *C. × limonelloides*, *C. × limetta* cv. 'Chontipico' и *C. × myrtifolia* ('Chinotto'), урожай которых составлял от 10 до 15 кг с растения.

Проведенный анализ биометрических показателей показал, что у всех исследуемых объектов, средняя длина побегов за годы исследования была приблизительно одинакова. Наивысший показатель длины прироста побега был отмечен у *C. limon* cv. 'Del Brasil' и *C. ichangensis*, и составил 27,61 и 27,34 см в 2020, в 2021 году составила 20,08 и 20,18 соответственно. Наименьший был у *C. × limonelloides* и *C. × myrtifolia* – в 2020 г. 9,74 и 10,82 см соответственно, и в 2021 г. 10,36 и 8,36 см соответственно.

За счет большего количества побегов, суммарный прирост был выше у *C. aurantifolia*, *C. aurantifolia* cv. 'Foro'. Стоит отметить, что у *C. ichangensis* наблюдались высокие показатели длины побега и суммарного прироста. Это позволяет предположить, что данный вид характеризуется мощным наращиванием кроны.

Диаметр штамба дерева в средней его части за годы исследования был приблизительно одинаков. Но, самый малый диаметр растения зафиксирован у *C. × meyeri* и *C. × myrtifolia* ('Chinotto'), и составил 1,13 см и 1,13 см в 2020, в 2021 – 1,15 см и 1,13 см соответственно.

При выращивании исследуемых видов как приставочную культуру в различных помещениях, одним из главных биометрических показателей является высота растения. Исследования показали, что наименьшая высота растения была у *C. × myrtifolia* ('Chinotto'), в 2020 – 61,7 см, в 2021 – 67,3 см, намного выше были такие виды как *C. aurantifolia* и *C. × bergamia*: в 2020 – 76,3 см и 77,3 см, в 2021 – 98,5 см и 85,7 см. Самыми высокими оказались *C. maxima* cv. 'Sambokan' и *C. limon* cv. 'Del Brasil', их высота превышала низкорослые виды почти в 2 раза, и достигала в 2020 128,5 см и 124,3 см, в 2021 – 139,4 см и 138,3 см.

За годы исследований была установлена хорошая адаптация растений к условиям влажных субтропиков России. Был отмечен стабильный рост и развитие исследуемых объектов. Установлено у некоторых исследуемых видов проявление ремонтантности и способности проходить 3-4 периода активного роста. Длительность фазы цветения и завязывание плодов в значительной степени зависит от гидротермических условий.

ВЕГЕТИРУЮЩАЯ КОЛЛЕКЦИЯ РАСТЕНИЙ – ОДИН ИЗ СПОСОБОВ СОХРАНЕНИЯ ГЕНЕТИЧЕСКИХ РЕСУРСОВ ВИНОГРАДА В СИСТЕМЕ *IN VITRO*

И.А. Павлова

Всероссийский национальный научно-исследовательский институт виноградарства
и виноделия «Магарач» РАН, Ялта, Республика Крым, Россия,
pavlovairina1965@gmail.com

A VEGETATING PLANT COLLECTION IS ONE OF THE WAYS TO PRESERVE THE GENETIC RESOURCES OF GRAPES IN THE *IN VITRO* SYSTEM

I.A. Pavlova

All-Russian National Research Institute of Viticulture and Winemaking “Magarach”
of the Russian Academy of Sciences, Yalta, Russia, pavlovairina1965@gmail.com

Вегетирующая коллекция растений *in vitro* – коллекция растений, поддерживаемая в контролируемых условиях, гарантирующих сохранение их генетической идентичности, стабильности и регенерирующей способности. Условия поддержания образцов коллекции исключают возможность их поражения вредоносной инфекцией. Преимущество вегетирующей коллекции состоит в том, что образцы представлены не клеточными структурами или отдельными органами, а полноценными растениями, находящимися в процессе замедленного роста или состоянии глубокого покоя.

С целью сохранения, оздоровления и дальнейшего массового размножения в институте «Магарач» создана коллекция растений *in vitro* сортов, клонов и гибридов винограда. Определены параметры 6 основных факторов, влияющих на эффективность беспересадочного культивирования растений винограда в вегетирующей коллекции на свету и в темноте. Разработаны технологические режимы хранения растений винограда *in vitro*, не требующие специального оборудования, а среды не содержат гормональных добавок, которые в результате длительного культивирования могут привести к мутациям. Получен патент «Способ культивирования растений винограда в коллекции *in vitro*». После одного-двух лет беспересадочного культивирования растения сохраняют жизнеспособность и обладают относительно высокой регенерирующей способностью почки. Коллекция поддерживается в режиме активного роста и состоянии глубокого покоя без использования осмотиков и ретардантов. На данный момент она насчитывает более 100 образцов.

Коллекция обозначена на уровне научного учреждения как «Вегетирующая коллекция растений *in vitro* перспективных сортов, гибридов и клонов винограда» ФГБУН «ВНИИВиВ «Магарач» РАН». Разработано и утверждено положение о вегетирующей коллекции растений винограда. Составлен первый вариант каталога образцов коллекции. Образцы в каталоге собраны в отдельные группы, которые содержат в себе: крымские автохтонные сорта; сорта и гибридные формы селекции ФГБУН «ВНИИВиВ «Магарач» РАН»; сорта-подвои; интродуцированные и распространенные сорта. В каждой группе образцы размещены по алфавиту. В каталог внесены только те сорта, которые в коллекции представлены в достаточном количестве (по десять-пятнадцать растений). В каталоге указывается: порядковый номер образца; название образца; происхождение образца; количество растений образца; выдающиеся особенности образца; направление использования образца.

Образцы определенных сортов вегетирующей коллекции используются для поведения научных исследований. Полученные положительные результаты по применению термотерапии для оздоровления растений винограда от латентных форм вирусной инфекции и фитоплазмы. Проводятся исследования, связанные с разработкой

эффективных технологий размножения в системе *in vitro* перспективных подвойных сортов винограда.

Разработана биотехнологическая схема комплексной технологии длительного сохранения растений и клонального микроразмножения винограда *in vitro*. Применение вегетирующей коллекции для закладки базисных маточников имеет ряд преимуществ:

- постоянное наличие *in vitro* оздоровленного первичного материала биологической категории «Оригинальный» перспективных сортов и клонов винограда;
- возможность приступать к тиражированию в любое время года;
- экономия времени и ресурсов на начальном этапе (отборе первичного материала и получения асептической культуры) технологии клонального микроразмножения *in vitro*.

Вегетирующая коллекция ежегодно пополняется новыми образцами, расширяя свой сортимент редкими и перспективными формами. Это позволит в будущем сосредоточить на небольшой территории уникальный генетический материал винограда, который может быть использован для проведения научно-прикладных исследований в области физиологии и биохимии растений, клеточной биотехнологии, геной инженерии и виноградарства (питомниководства).

СОЗДАНИЕ И ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ХОЗЯЙСТВЕННО ЦЕННЫХ ГЕНОТИПОВ СМОРОДИНЫ КРАСНОЙ ГЕНЕТИЧЕСКОЙ КОЛЛЕКЦИИ ВНИИСПК ДЛЯ СОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ СОРТИМЕНТА И ИНТРОДУКЦИИ В РАЗНЫЕ ЭКОЛОГО-ГЕОГРАФИЧЕСКИЕ ЗОНЫ

О.В. Панфилова¹, И. Кахраманоглу

¹ Всероссийский научно-исследовательский институт селекции плодовых культур,
Орловская область, Россия, us@vniispk.ru

² Европейский университет Лефке, Гемиконаги, Северный Кипр

DEVELOPMENT AND USE OF ECONOMICLY VALUABLE RED CURRANT GENOTYPES FROM THE GENETIC COLLECTION OF THE ALL-RUSSIAN RESEARCH INSTITUTE OF FRUIT CROP BREEDING TO IMPROVE THE ASSORTMENT AND INTRODUCTION INTO DIFFERENT ECOGEOGRAPHIC ZONES

O.V. Panfilova¹, Ibrahim Kahramanoğlu²

¹ All-Russian Research Institute of Fruit Crop Breeding, Orel Province, Russia, us@vniispk.ru

² European University of Lefke, Gemikonagi, Northern Cyprus

Эффективность селекционной работы во многом определяется наличием, правильной оценкой и отбором исходных форм, обладающих высоким уровнем ценных признаков и передающих эти признаки своему потомству. Генетические ресурсы смородины и ее диких сородичей являются одним из важных компонентов биоразнообразия и служат исходным материалом для выявления источников и доноров, на основе которых создаются высокопродуктивные, адаптированные сорта. Программы селекции *Ribes* основаны на межвидовых скрещиваниях с использованием сортов и селекционных форм различного генетического происхождения. Эти формы являются поли- и олигогенными источниками таких важных хозяйственно ценных признаков, как самоплодность, засухоустойчивость, зимостойкость, стабильная урожайность, пряморослая форма куста (ген *Co*), длина междоузлий (ген *In*) и др. Интродуцированные генотипы смородины могут быть привлечены в селекцию как доноры устойчивости к *Sphaerotheca mors-uvae* (гены *M1-3*, *R*, *Sph2-3*), пятнистости листьев (гены *Pr1* и *Pr2*), галловому клещу (гены *Se* и *P*) и др.

Целью работы было получение нового генетического материала смородины красной на основе межсортовых и межвидовых скрещиваний (комбинированная селекция) различного генетического происхождения, оценка и выделение генотипов, адаптированных к деструктивным факторам внешней среды в лабораторных и полевых условиях (жаростойкость и зимостойкости), а также к болезням и вредителям для использования в селекции ягод и создания высокотехнологичных сортов для фермерских хозяйств.

Исследования проведены на базе генетической коллекции смородины красной Всероссийского НИИ селекции плодовых культур (ВНИИСПК).

Методом комбинационной селекции получен и изучен новый гибридный материал смородины красной. Для оценки взаимосвязи между адаптивно-значимыми и хозяйственно-биологическими признаками использован корреляционный анализ. Для оценки межгенотипической изменчивости – иерархическая кластеризация по изучаемым признакам, что позволило объединить три стандартных метода многомерного анализа данных.

Выявлены генотипы, адаптированные к различным стрессорам.

Высокую адаптацию к абиотическим стрессорам (низкие температуры, почвенная и воздушная засуха, максимально высокие температуры) проявили генотипы полученные

на основе сортов 'Jonkheer van Tets' и 'Chulkovskaya'. Быстрое восстановление гидратации смородины красной в период вегетации обеспечивает оптимальную урожайность и оптимальную закладку генеративных почек для урожая будущего года. Методом корреляционного анализа выявлена зависимость урожайности от начала дифференциации цветковых почек. Не выявлено высокой взаимосвязи между количеством цветков в соцветии у красной смородины и степенью опадения завязи. Снижение урожайности в период вегетации определяется возрастом куста, сроками созревания, влажностью почвы. Резкие колебания весенних температур вызывают асинхронность цветения, низкий процент цветения и опыления, задержку вегетативного развития, нарушение завязывания плодов. Поздние сроки цветения смородины красной обеспечивают избегания аномальных низких температур и сохранность генеративных почек и урожайности. Максимальное содержание связанной воды в побегах и высокая водоудерживающая способность минимизирует повреждение побегов, генеративных и вегетативных почек отрицательными температурами и обеспечивают оптимальное функционирование и развитие растений в течении вегетационного периода. Устойчивость к *Sphaerotheca mors-uvae*, *Pseudopeziza ribis*, *Cecidophyopsis ribis* проявили генотипы, полученные на основе сорта 'Jonkheer van Tets' выбранного в качестве материнской формы. Методом иерархической кластеризации 8 генотипов смородины красной разного генетического происхождения по совокупности адаптивно-значимых признаков сгруппированы в 4 кластера. Получен и передан в Государственный реестр селекционных достижений, допущенных к использованию (ГОСРЕЕСТР РФ) адаптивный, урожайный, конкурентоспособный, технологичный сорт 'Podarok Pobediteliam'. Данный сорт можно использовать для интродукции в Северо-Западный и Центральный регионы России, Белоруссию, страны Центральной и Западной Европы, Турции, США.

ИЗУЧЕНИЕ ДИКИХ РОДИЧЕЙ КУЛЬТУРНЫХ РАСТЕНИЙ НАЦИОНАЛЬНОГО ПАРКА «ЛЕНСКИЕ СТОЛБЫ» И ЛОКАЛЬНОЙ ФЛОРЫ В ХАНГАЛАССКОМ УЛУСЕ ЦЕНТРАЛЬНОЙ ЯКУТИИ

А.С. Попова¹, Г.В. Таловина^{1, 2}, М.Н. Ситников^{1, 2}, Л.В. Шелоховская³,
У.В. Максимова³, А.С. Кутукова¹, П.А. Ноговицына¹, Т.С. Слепцов¹,
Ю.Г. Амбросова¹, К.С. Пикула^{1, 2}

¹ Федеральный исследовательский центр «Якутский научный центр Сибирского отделения Российской академии наук», Якутск, Россия, alexandra.s.popova@gmail.com

² Федеральный исследовательский центр Всероссийский институт генетических ресурсов растений имени Н.И. Вавилова, Санкт-Петербург, Россия

³ Национальный парк «Ленские Столбы», Покровск, Россия

THE STUDY OF CROP WILD RELATIVES IN THE *LENSKIYE STOLBY* NATIONAL PARK AND LOCAL FLORA IN THE KHANGALASSKY ULUS OF THE CENTRAL YAKUTIA

A.S. Popova¹, G.V. Talovina^{1, 2}, M.N. Sitnikov^{1, 2}, L.V. Shelokhovskaya³, U.V. Maksimova³,
A.S. Kutukova¹, P.A. Nogovitsyna¹, T.S. Sleptsov¹, Yu.G. Ambrosova¹, K.S. Pikula^{1, 2}

¹ Yakut Scientific Center of the Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences, Yakutsk, Russia, alexandra.s.popova@gmail.com

² N.I. Vavilov All-Russian Institute of Plant Genetic Resources, St. Petersburg, Russia

³ Lenskiye Stolby National Park, Pokrovsk, Russia

В 2022 году с целью изучения диких родичей культурных растений (ДРКР) Якутии были проведены экспедиционные выезды в одном из районов Центральной Якутии – Хангаласском улусе. Улус расположен на Приленском плато и в долине реки Лена. Экспедиционный маршрут проходил на левобережье реки Лена в долине Эркээни (14–18 июля 2022), а также на территории Национального парка «Ленские столбы» на участке в устье реки Буотама (впадающей в реку Лена) и на участке «Столбы» (20–26 июля 2022).

В первом экспедиционном выезде были обследованы лесные и луговые фитоценозы на коренном берегу реки Лена, а также заливные луга в долине Эркээни в окрестностях пос. Ой Немюгюнского наслега Хангаласского улуса. В данной местности исторически было развито земледелие с XVII века, с приходом земледелия в Якутию. В настоящее время район является одним из лидеров по производству сельскохозяйственной продукции и активно развивается.

Во втором выезде обследование проводилось в устье реки Буотама. Были построены радиальные маршруты на берега реки Лена, ее проток и притоков; склоны с каменистыми, лесными и луговыми растительными сообществами; агрофитоценозы, рудеральные растительные сообщества. Один из маршрутов затронул окрестности бизонария, расположенного на территории Национального парка.

Были собраны и переданы в коллекцию ВИР образцы живых растений и семян смородины, земляники, малины, полыни, луков, злаковых и бобовых. В гербарии ВИР и Якутского научного центра переданы более ста образцов. Также отобрано более 50 образцов из 4 семейств: Fabaceae, Rosaceae (род *Rubus*), Grossulariaceae (род *Ribes*) и *Allium* для лабораторных исследований, так как они могут представлять интерес для привлечения в селекцию.

Работа по сбору и изучению ДРКР Якутии будет продолжена в рамках государственного задания ЯНЦ СО РАН «Комплексные междисциплинарные исследования по сохранению и пополнению коллекции генетических ресурсов растений в криолитозоне» (FWRS-2021-0048) и ВИР «Обеспечение сохранения и пополнения коллекции генетических ресурсов ВИР» (FGEM-2022-0010).

СЕКВЕНИРОВАНИЕ ГЕНОМОВ ПОКАЗАЛО РАЗЛИЧИЯ В СОСТАВЕ ПОВТОРЯЮЩИХСЯ ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНОСТЕЙ ДНК ШЕФЕРДИИ СЕРЕБРИСТОЙ И ЕЕ РОДСТВЕННИКА – ОБЛЕПИХИ КРУШИНОВИДНОЙ

О.В. Разумова^{1, 2*}, Д.С. Ульянов¹, К.Д. Боне¹, М.Г. Дивашук¹

¹ Всероссийский научно-исследовательский институт сельскохозяйственной биотехнологии, Россия, Москва

² Главный ботанический сад имени Н.В. Цицина РАН, Россия, Москва,
*razumovao@gmail.com

GENOME SEQUENCING DISCLOSED DIFFERENCES IN THE COMPOSITION OF REPEATED DNA SEQUENCES IN *SHEPHERDIA ARGENTEA* NUTT. AND ITS RELATIVE *HIPPOPHAE RHAMNOIDES* L.

O.V. Razumova^{1, 2*}, D.S. Ulyanov¹, K.D. Bone¹, M.G. Divashuk¹

¹ All-Russia Research Institute of Agricultural Biotechnology, Moscow, Russia

² N.V. Tsitsin Main Botanical Garden of the Russian Academy of Sciences, Moscow, Russia,
*razumovao@gmail.com

Шефердия серебристая (*Shepherdia argentea* Nutt.) – многолетнее листопадное древесное растение семейства Лоховые. Так же как и ее ближайший родственник – облепиха, шефердия выращивается для получения плодов, содержащих каротиноиды и фенольные антиоксиданты. Родиной рода Шефердия является Северная Америка, однако данная культура была интродуцирована в Европу и Азию. Плоды употребляют как в свежем виде, так и для приготовления соусов, желе, киселей и многого другого. Кроме выращивания с пищевыми целями, данные растения часто высаживаются с целью ремедиации земель, поскольку обладают способностью образовывать симбиоз с азотофиксирующими бактериями, отличаются неприхотливостью к условиям произрастания и высокой устойчивостью к неблагоприятным абиотическим факторам внешней среды.

Растения шефердии строго двудомные. Цветение наступает на 4–8 год. С генетической точки зрения *S. argentea* практически не изучена. Хромосомное число $2n = 26$, хромосомы мелкие, метацентрические, визуально не отличимы друг от друга. Размер генома 1С 1.54 pg.

Некоторое время назад мы с соавторами представили первый комплексный анализ генома близкого родственника шефердии – облепихи (J. Puterova et al., 2017). В ходе этого анализа было выявлено удивительно высокое, по сравнению с другими растительными геномами, содержание различных сателлитных последовательностей, маленькую Y-хромосому и большую X, что также как правило не характерно для растений. Более того, некоторые спутничные повторы в геноме облепихи быстро эволюционируют в новые варианты. Высокая изменчивость некоторых сателлитов и семейств TE свидетельствует о высоких темпах их диверсификации в геноме облепихи, в то время как другие повторы остаются относительно консервативными. Для объяснения и подтверждения данного факта необходимо было изучить близкородственные виды.

В данной работе мы секвенировали геномы мужского и женского растения шефердии серебристой, сравнили их между собой, а также с мужскими и женскими геномами облепихи крушиновидной. Собранные на RepeatExplorer2 консенсусы повторов выравнивались blastn, разные кусковые выравнивания фильтровались по идентичности и длине, отобранные выравнивания объединялись. Для выявления ранее известных повторов использовалась база данных NCBI Nucleotide. В итоге было выявлено 9 сателлитных повторов у мужского растения и 8 – у женского. При этом все обнаруженные последовательности были уникальными и не имели гомологов в базах

данных. Также не было выявлено повторяющихся последовательностей, общих для облепихи и шефердии. Для сравнения геномов облепихи и шефердии между собой отбирались риды, которые в равных долях шли на сборку. Сборка-сравнение проводилась три раза с последовательным удалением ридов, попадающих в общие для двух образцов кластеры.

В результате проведенного сравнительного анализа геномов двух видов, можно сделать вывод, что репитомы шефердии и облепихи сильно разошлись в ходе эволюции, накопление и изменение повторяющихся элементов в геноме облепихи шло независимо и, вероятно, после дивергенции данных родов.

Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ договор № 20-016-00145.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ПРИОРИТЕТНЫЕ НАПРАВЛЕНИЯ В СЕЛЕКЦИИ ПЛОДОВЫХ И ЯГОДНЫХ КУЛЬТУР НА СРЕДНЕМ УРАЛЕ

Т.Н. Слепнева

Уральский федеральный аграрный научно-исследовательский центр
Уральского отделения Российской академии наук, Екатеринбург, Россия,
tatyana_slepneva@mail.ru

RESULTS AND PRIORITY TRENDS IN FRUIT AND BERRY CROP BREEDING IN THE MIDDLE URALS

T.N. Slepneva

Ural Federal Agrarian Research Center, Ural Branch of the Russian Academy of Sciences,
Yekaterinburg, Russia, tatyana_slepneva@mail.ru

Актуальной задачей для селекционеров Среднего Урала с момента организации Свердловской селекционной станции садоводства (1934 год) является совершенствование сортимента плодовых и ягодных культур в суровых климатических условиях на основе комплексного изучения местных и интродуцированных растений, целенаправленной селекции. Уральский генофонд плодовых и ягодных культур содержит уникальный набор генотипов с хозяйственно ценными признаками, пригодными для создания сортов, удовлетворяющих потребности промышленного и любительского садоводства, особенно в северных регионах.

Сохранение генетических коллекций плодовых и ягодных культур ведется методом *ex situ* в условиях г. Екатеринбурга. Коллекционный фонд на современном этапе имеет статус Уникальной научной установки коллекции живых растений открытого грунта «Генофонд плодовых, ягодных и декоративных культур на Среднем Урале» (Свердловская ССС ФГБНУ УрФАНИЦ УрО РАН г. Екатеринбург). В коллекции произрастает 2135 сортообразцов плодовых и ягодных культур: из них 945 – селекции станции, 1110 – селекции отечественных и зарубежных научных учреждений и 80 – народной селекции. Селекционный фонд насчитывает более 82 тыс. гибридных форм. Селекция направлена на высокую адаптивность и зимостойкость плодовых и ягодных культур, устойчивость и иммунитет к болезням и вредителям, высокую и стабильную урожайность с повышенным качеством плодов и ягод, технологичность при возделывании в интенсивных насаждениях, улучшенный биохимический состав плодов и ягод, расширение границ по срокам созревания сортов от ультрараннего до позднего. По результатам многолетней работы было создано более двухсот сортов плодовых и ягодных культур, 80 сортов районировано.

За последние пять лет (с 2018 по 2022 годы) в Государственном реестре селекционных достижений, допущенных к использованию по Российской Федерации сортимент обновился 19 новыми сортами: *Malus domestica* Borkh. – ‘Свердловчанин’, ‘Аксена’, *Pyrus communis* L. – ‘Радужная’, *Prunus salicina* L. – ‘Уральские зори’, *Prunus fruticosa* Pall. – ‘Вита’, *Prunus pumila* L. – ‘Кармен’, ‘Черный лебедь’, ‘Эстафета’, ‘Северянка’, *Ribes nigrum* L. – ‘Вымпел’, ‘Пилот’, ‘Удалец’, ‘Шаман’, *Rubus* L. – ‘Антарес’, ‘Алая россыпь’, ‘Фрегат’, *Fragaria* × *ananassa* Dush. – ‘Акварель’, ‘Форсаж’.

Совместно с сотрудниками ВИР ведется плодотворная работа (2020–2022 гг.) по сохранению уральских районированных сортов с передачей в Гербарий ВИР (WIR) образцов для формирования, создания и хранения номенклатурных стандартов.

ГЕНЕТИЧЕСКОЕ РАЗНООБРАЗИЕ РОДА *IRIS* L. В КОЛЛЕКЦИИ ФИЦ СНЦ РАН

К.В. Слепченко

Федеральный исследовательский центр «Субтропический научный центр Российской академии наук», Сочи, Россия, slkkot1977@gmail.com

GENETIC DIVERSITY OF THE GENUS *IRIS* L. IN THE COLLECTION OF THE SUBTROPICAL SCIENTIFIC CENTER OF THE RAS

K.V. Slepchenko

Federal Research Centre the Subtropical Scientific Centre of the Russian Academy of Sciences, Sochi, Russia, slkkot1977@gmail.com

В последнее время созданию демонстрационных площадок, экосадов, ландшафтных композиций, монокультурных садов с использованием разнообразных декоративных растений, адаптивных сортов и природных видов уделяется особое внимание. Род *Iris* L. занимает одно из ведущих мест в данном направлении. Большой популярностью пользуются моносады – иридари, ландшафтные композиции с представителями данного рода, особенно дикорастущими.

Как и многие представители семейства Iridaceae – род *Iris* включает виды, разнообразные по типам, форме и окраске цветка, срокам цветения, габитусу растений. Большинство из них пластичны, хорошо приспосабливаются к различным экологическим условиям, могут выращиваться на одном месте 5–7 лет.

Самые популярные представители данного рода – *I. × hybrida* hort., которые называют бородатыми из-за наличия «бородки» на наружных долях околоцветника. По количеству сортов они занимают одно из первых мест среди цветочных культурных растений. Растет спрос и на безбородые ирисы из подрода *Limniris* – *I. sibirica* L. и *I. ensate* Thunb.

Род *Iris* востребован не только как коммерческая культура, но и в качестве объекта научных исследований. Изучением представителей данного рода в нашей стране занимаются в ГБС РАН (Мамаева, 2015), ФНЦ Садоводства (Сорокопудова, Артюхова, 2019), КФУ им. В.И. Вернадского (Решетникова, 2017), ФГБНУ ФАНЦА (Долганова, 2019), ЮУБСИ УФИЦ РАН (Реут, Бекшенева, 2021), БИН РАН (Алексеева, 2020) и других научных учреждениях.

В Федеральном государственном бюджетном учреждении науки «Федеральный исследовательский центр «Субтропический научный центр Российской академии наук» (ФИЦ СНЦ РАН) биоресурсная коллекция рода *Iris* начала формироваться с 1979 г. В настоящее время продолжается ее поддержание, пополнение и изучение.

Цель исследований: изучить генетическое разнообразие рода *Iris* биоресурсной коллекции ФИЦ СНЦ РАН.

Исследования проводили на опытной базе ФИЦ СНЦ РАН в с. Раздольное в 2020–2022 гг. Изучение проводили по общепринятым для ирисов методикам и работам Г.И. Родионенко.

Район исследований характеризуется влажно-субтропическим климатом со среднегодовой температурой воздуха +14,1°C. Температура января и февраля +6,0...+6,1°C, июля и августа – +23,2...+23,6°C. Среднегодовая норма выпадения осадков – 1635 мм, преимущественно ливневого характера. В прибрежной зоне осадки в виде снега явление редкое, снежный покров неустойчивый.

В результате проведенных исследований установлено, что генетическая коллекция рода *Iris* насчитывала 259 сортообразцов. *I. × hybrida* – 207 сортообразцов, в том числе карликовых – 28. Сорт и гибридных форм *I. sibirica* – 30 сортообразцов; *I. ensate* – 8 сортообразцов и *I. spuria* L. – 4. Также в коллекции поддерживали 10 видовых ирисов:

I. colchica Kem-Wath., *I. ensate*, *I. monnieri* Dejuss., *I. notha* Bieb., *I. pallida* Lam., *I. pseudacorus* L., *I. pseudonotha* Galushko, *I. pumila* L., *I. sibirica*, *I. spuria*.

Наблюдения показали, что цветение ирисов начиналось в I декаде апреля и заканчивалось во II-III декадах июня. Самое раннее цветение отмечалось у карликовых ирисов, позднее – у *I. notha*, *I. pseudonotha*. Сортообразцы в коллекции разделили на группы по срокам цветения.

Iris × *hybrida* (карликовые): ранние и среднеранние (I декада апреля) – ‘Golleon Gold’, ‘April Accent’; средние (II декада апреля) – ‘Dalle Dennis’, ‘Забава’, среднепоздние и поздние (III декада апреля) – ‘Кубанский пряник’, ‘Candy Apple’.

Iris × *hybrida* (высокорослые): ранние и среднеранние (III декада апреля – I декада мая) – ‘Blue Sapphire’, ‘Indian Hills’; средние (II декада мая) – ‘After Dark’, ‘Big Time’, среднепоздние и поздние (III декада мая и позднее) – ‘Before the Storm’, ‘Far Above’.

I. sibirica: (I декада мая) – ‘Snow Crests’, гибрид № 242; средние (II декада мая) – ‘Kina-No-Seiza’, ‘Бийские перекааты’, среднепоздние и поздние (III декада мая и позднее) – ‘Блики’, гибрид № 395.

Среди видовых ирисов наиболее раннее цветение отмечали у *I. pumila* (III декада апреля).

I. sibirica (I декада мая), средние сроки цветения (II-III декада мая) *I. monnieri*, *I. colchica*, *I. pallida*, *I. pseudacorus*, поздние сроки цветения (конец мая – начало июня) – *I. notha*, *I. pseudonotha*, *I. ensata*.

В результате проведенных биометрических измерений коллекция рода *Iris* сгруппирована по высоте цветоноса. Среди *I. × hybrida* большинство сортообразцов являются высокорослыми (высота цветоноса выше 70 см) – 75%, среднерослые (37–70 см) – 11%, карликовые (ниже 37 см) – 14%. Сортообразцы *I. sibirica* отнесены к группе низкорослых (высота цветоноса менее 35 см) – 13%, среднерослых (35–60 см) – 74%, высокорослых (выше 60 см) – 13%. Большинство сортообразцов *I. ensate* имеют среднюю высоту цветоноса (35–60 см) – 62%, высокую (выше 60 см) – 38%. Сортообразцы *I. spuria* в группе высокорослых (выше 60 см) – 75% и среднерослых (35–60 см) – 25%. Среди видовых ирисов: низкорослые (ниже 35 см) – *I. colchica*, *I. pumila*, среднерослые (35–60 см) – *I. notha*, *I. pseudonotha*, *I. ensate*, высокорослые (выше 60 см) – *I. pseudacorus*, *I. monnieri*, *I. pallida*, *I. sibirica*, *I. spuria*.

Таким образом, коллекция рода *Iris* ФИЦ СНЦ РАН состоит из 259 сортообразцов, большинство из которых являются высокорослыми – 66%, среднерослых – 21%, низкорослых – 13%. Цветение коллекции начинается в I декаде апреля и заканчивается в III декаде июня. Сортообразцы сгруппированы по срокам цветения. Установлено, что большая часть коллекции относится к группе среднецветущих.

ИЗУЧЕНИЕ ГЕНЕТИЧЕСКОГО РАЗНООБРАЗИЯ ОРЕХА ГРЕЦКОГО НА ЮГЕ РОССИИ НА ОСНОВЕ МОЛЕКУЛЯРНО-ГЕНЕТИЧЕСКИХ МЕТОДОВ И ФЕНОТИПИЧЕСКОЙ ХАРАКТЕРИЗАЦИИ

**И.И. Супрун, И.В. Степанов, С.В. Токмаков, И.М. Балапанов, Е.В. Лободина,
Е.А. Аль-Накиб**

Северо-Кавказский федеральный научный центр садоводства, виноградарства, виноделия,
Краснодар, Россия, supruni@mail.ru

STUDYING THE GENETIC DIVERSITY OF WALNUT IN THE SOUTH OF RUSSIA ON THE BASIS OF MOLECULAR GENETIC METHODS AND PHENOTYPICAL CHARACTERIZATION

**I.I. Suprun*, I.V. Stepanov, S.V. Tokmakov, I.M. Balapanov, E.V. Lobodina,
E.A. Al-Nakib**

North Caucasian Federal Scientific Center of Horticulture, Viticulture, Wine-making, Krasnodar,
Russia, supruni@mail.ru

Проблема всестороннего изучения разнообразия генофонда культурных растений, в том числе и вида *Juglans regia* L. с применением комплексного подхода, основанного на фенотипической характеристике и молекулярно-генетических методах, обладает высоким уровнем значимости актуальности в современной генетике и селекции. Ее решение позволяет не только повысить эффективность использования генетического потенциала видов при создании новых, высокопродуктивных и адаптивных сортов, но и играет немаловажное значение при выяснении фундаментальных вопросов, касающихся филогенетических аспектов, выяснения генетических взаимосвязей на уровне род/вид/подвид, а также изучения процесса доместикировки видов и путей их распространения. Не менее важным является вопрос пополнения имеющихся коллекций генофонда новыми образцами, обладающими хозяйственно ценными признаками, и формирования признаковых коллекций. Это позволяет повысить эффективность создания новых сортов с заданным комплексом характеристик, отвечающих современным требованиям сельскохозяйственного производства и обеспечивающих высокое потребительское качество продукции.

Несмотря на то, что орех грецкий, являющийся важной орехоплодной культурой, широко распространен на Юге России, собственная продукция составляет около 10% от объема, потребляемого на внутреннем рынке страны и представлена орехом, собранным в ЛПХ, лесополосах и в небольших садах, площадью не более 5–10 га. Решение вопроса увеличения внутреннего производства невозможно без внедрения новых высокопродуктивных сортов (с потенциалом урожайности 3–3,5 т/га). Очевидно, что без мобилизации генофонда, а также и пополнения коллекций генетических ресурсов формами, обладающими комплексом хозяйственно ценных признаков, невозможно ускоренного решения селекционных задач.

В рамках научно-исследовательского проекта, осуществляемого в ФГБНУ СКФНЦСВВ проводится комплексная работа по изучению генетического и фенотипического разнообразия генофонда ореха грецкого на Юге РФ, и поиск новых селекционно-ценных форм для их последующего использования в решении селекционных задач. С использованием молекулярно-генетических методов выполняется анализ генетической структуры коллекций генофонда ореха грецкого, имеющихся в наличии в профильных научных учреждениях Юга России (ФГБНУ СКФНЦСВВ, г. Краснодар; ФГБУН «НБС – ННЦ», г. Ялта; ФГБНУ СевКавНИИГиПС, г. Нальчик), а также анализ структуры местных семенных популяций данного вида на территории Юга России и их генетические взаимосвязи с культурным генофондом.

На первом этапе работы, на территории Краснодарского края, республики Адыгея, Ставропольского края, Ростовской области, республики Крым, республики Кабардино-Балкария, Северной Осетии и республики Дагестан осуществлялись отборы образцов в четырех – шести географических локациях на территории каждого из регионов. При этом проводился отбор 15–17 образцов в каждой из локаций. На основе проведенных отборов в настоящее время создан банк проб ДНК, необходимый для выполнения генотипирования. На основе анализ научных результатов по данному направлению был сформирован набор микросателлитных ДНК-маркеров, в который вошли следующие SSR-маркеры, наиболее часто использованные в мире при изучении генетического разнообразия вида *J. regia*: WGA72, WGA79, WGA4, WGA32, WGA118, WGA001, WGA009, WGA069, WGA202, WGA276, WGA349, WGA376, WGA005, WGA054, WGA089, WGA321. Выполняется генотипирование изучаемых образцов.

Наряду с изучением генетических взаимосвязей и анализом структуры генофонда, выполняется биогеографический анализ в части морфологического разнообразия по ключевым признакам, влияющим на общую генеративную продуктивность растения, признаки качества плодов, адаптивность. В местных семенных популяциях проводится поиск форм, обладающих боковым типом плодоношения, который обеспечивает повышенный потенциал продуктивности, а также улучшенными качественными характеристиками плодов. Выделен ряд форм, сочетающих одновременно повышенный потенциал урожайности за счет наличия выраженного бокового плодоношения и высокие показатели качества плодов – выход ядра от 48–50% и хорошую извлекаемость ядра. Пополнение генетической коллекции новыми источниками селекционно-ценных признаков и создание признаковых коллекций для последующего их использования в селекционной работе позволит в дальнейшем повысить эффективность решения селекционных задач.

Исследование выполнено за счет средств гранта Российского научного фонда и Кубанского научного фонда № 22-16-20061.

РАСПРОСТРАНЕНИЕ ДИКОРАСТУЩЕЙ СМОРОДИНЫ НА ТЕРРИТОРИИ ЯКУТИИ

Г.В. Таловина¹, А.С. Попова², А.С. Кутукова², П.А. Ноговицына², Т.С. Слепцов²,
И.В. Васильева^{2,3}, К.С. Пикула^{1,2}

¹ Федеральный исследовательский центр Всероссийский институт генетических
ресурсов растений имени Н.И. Вавилова, Санкт-Петербург, Россия, g.talovina@vir.nw.ru

² Федеральный исследовательский центр «Якутский научный центр СО РАН», Якутск,
Россия

³ Институт биологических проблем криолитозоны СО РАН – обособленное подразделение
ФИЦ ЯНЦ СО РАН, Якутск, Россия

DISTRIBUTION OF CURRANT SPECIES OVER THE TERRITORY OF YAKUTIA

G.V. Talovina¹, A.S. Popova², A.S. Kutukova², P.A. Nogovitsyna², T.S. Sleptsov²,
I.V. Vasilieva^{2,3}, K.S. Pikula^{1,2}

¹ N.I. Vavilov All-Russian Institute of Plant Genetic Resources, St. Petersburg, Russia,
g.talovina@vir.nw.ru

² Yakut Scientific Center of the Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences, Yakutsk,
Russia

³ Yakut Scientific Center of the Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences,
Institute for Biological Problems of Cryolithozone Siberian Branch of RAS - Division of Federal
Research Centre “The Yakut Scientific Centre of the Siberian Branch of the Russian Academy
of Sciences”, Yakutsk, Russia

Дикорастущие представители рода *Ribes* L. – смородина – относятся к диким
родичам культурных растений (ДРКР) и могут представлять интерес для привлечения
в селекцию.

С целью выявления закономерностей и эколого-географических особенностей
распространения на территории Якутии, для видов смородины построены точечные
ареалы, где представлена информация о местонахождениях вида по информации,
полученной из гербарных этикеток (WIR; LE; VLA; MW; МНА и др.) и на основе
опубликованных литературных источников (Комаров, 1939; Малышев, Пешкова, 1979;
Харкевич, 1988; Шмидт, 1990; Коропачинский, Встовская, 2002; Байков, 2012; Афанасьева
и др., 2020). Построение точечных карт ареалов видов производилось с помощью ГИС
(программа MapInfo).

Для достижения поставленной цели было необходимо собрать данные
о распространении изучаемых видов на исследуемой территории.

Актуализирован список видов смородины, произрастающих на территории Якутии.
Для флоры Якутии приводятся следующие виды *Ribes* L.:

1. *R. dikuscha* Fisch. ex Turcz. – смородина дикуша
2. *R. fragrans* Pall. – с. пахучая
3. *R. glabrum* (Hedl.) Sennikov (синонимы *R. glabellum* (Trautv. & C.A. Mey.)
Hedl., *R. acidum* Turcz. ex Pojark.) – с. голая
4. *R. nigrum* L. – с. черная
5. *R. palczewskii* (Jancz.) Pojark. – с. Пальчевского
6. *R. pauciflorum* Turcz. ex Pojark. – с. малоцветковая
7. *R. procumbens* Pall. – с. лежачая, моховка
8. *R. triste* Pall. – с. печальная

Для каждого вида составлена база данных с координатами мест сбора на территории Якутии, которая сопровождается информацией с гербарного образца о дате сбора, с именами и фамилиями сборщиков, дополнительной информации о местообитании. Все указания в литературе о конкретных точках произрастания видов смородины в дикорастущем состоянии также вписываются в базу данных координат, либо, если данные представлены в виде картосхемы с нанесенными точками, осуществлена геопривязка карты и перенесение информации в электронный вид. Таким образом, на основе собранной информации о местонахождениях вида созданы электронные карты для видов *Ribes*, произрастающих в Якутии. Обобщение и анализ полученных карт ареалов и данных о местообитании на данном этапе работы показал, что дикорастущие виды смородины распространены преимущественно по долинам рек в центральной и южной частях Якутии. Для всех видов проходят границы ареалов: для смородины черной – восточная, для лежачей – северо-восточная граница, для малоцветковой и для дикуши – северо-западная, границы других видов требуют уточнения относительно их общего распространения. Полученные точечные карты позволяют спрогнозировать маршруты экспедиций по территории Якутии, где именно целесообразно осуществлять сбор образцов смородины интересующих видов.

*Работа по изучению распространения представителей рода *Ribes*, в контексте исследования ДРКР Якутии ведется и будет продолжена в рамках государственного задания «Комплексные междисциплинарные исследования по сохранению и пополнению коллекции генетических ресурсов растений в криолитозоне» (FWRS-2021-0048).*

ИДЕНТИФИКАЦИЯ ГЕНОВ УСТОЙЧИВОСТИ К МУЧНИСТОЙ РОСЕ У КЛОНОВЫХ ПОДВОЕВ ЯБЛОНИ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ МОЛЕКУЛЯРНЫХ МАРКЕРОВ

И.Н. Шамшин^{1, 2*}, М.Л. Дубровский^{1, 2}, К.В. Борис²

¹ Мичуринский государственный аграрный университет, Мичуринск, Россия,
*ivan_shamshin@mail.ru

² Институт общей генетики им. Н.И. Вавилова РАН, Москва, Россия

IDENTIFICATION OF POWDERY MILDEW RESISTANCE GENES IN APPLE CLONAL ROOTSTOCKS USING MOLECULAR MARKERS

I.N. Shamshin^{1, 2*}, M.L. Dubrovsky^{1, 2}, K.V. Boris²

¹ Michurinsk State Agrarian University, Michurinsk, Russia, *ivan_shamshin@mail.ru

² Vavilov Institute of General Genetics of the Russian Academy of Sciences, Moscow, Russia

Мучнистая роса яблони – одно из основных вредоносных заболеваний, наносящих значительный ущерб современному интенсивному садоводству. Возбудителем является патогенный гриб *Podosphaera leucotricha* Salm. Болезнь особенно активно развивается в условиях влажной теплой погоды в плодовых садах и питомниках и поражает как сорта, так и подвои яблони.

В маточниках клонových подвоев для полива применяют спринклерное орошение. Это создает условия постоянной повышенной влажности воздуха. При этом на побегах маточных кустов возможно сильное развитие симптомов мучнистой росы. Происходит нарушение нормального функционирования фотосинтетического аппарата листьев и значительно снижается продуктивность маточника.

Для неустойчивых форм подвоев основным средством борьбы с данным патогеном является применение фунгицидов. С целью предупреждения развития мучнистой росы актуальным является создание и широкое использование новых высокоустойчивых или иммунных форм.

Для поиска источников резистентности была проанализирована коллекция клонových подвоев яблони Мичуринского ГАУ. С использованием молекулярных маркеров были идентифицированы гены устойчивости к мучнистой росе *Pl-1*, *Pl-2*, *Pl-d* и *Pl-w*.

Всего было проанализировано 80 форм клонových подвоев. Для анализа использовали кодоминантный маркер AT20-450 SCAR (ген *Pl-1*) (Dunemann et al, 2007), доминантные маркеры OPU02 (ген *Pl-2*) (Caffier and Laurens, 2005), EM DM01 (ген *Pl-d*) (James et al., 2004) и EM M02 (ген *Pl-w*) (Evans and James, 2003).

Ген *Pl-1* был идентифицирован у всех исследуемых образцов. Его доминантный аллель, ассоциированный с устойчивостью, в гомозиготном состоянии выявлен у восьми подвоев (54-118, 2-9-94, 2-9-102, 2-12-36, 9-1-2, 5-26-127, 67-5(32) и 4-2-41), а в гетерозиготном – у 20. Наличие гена *Pl-2* установлено у двух генотипов – гибридной формы 14-1 и подвоя американской селекции G16. Наиболее распространен в коллекции ген *Pl-d*. Он идентифицирован у 32 образцов из 80. Только у двух генотипов (14-1 и G16) выявлен ген *Pl-w*.

Наибольший интерес для селекции представляют формы, у которых присутствуют несколько генов устойчивости к мучнистой росе. В анализируемом материале не было выявлено образцов, несущих все изученные *Pl*-гены. Однако гибридная форма 14-1 и подвой G16 имеют три из четырех изученных генов устойчивости и могут быть использованы в качестве доноров данных генов.

Исследование выполнено за счет гранта РФФИ № 22-26-00326.

ГЕНЕТИЧЕСКИЕ РЕСУРСЫ РОДА *MALUS* MILL. – ОСНОВА СЕЛЕКЦИОННОГО УЛУЧШЕНИЯ ЮЖНОГО СОРТИМЕНТА ЯБЛОНИ

Е.В. Ульяновская*, Е.А. Чернуцкая, И.М. Балапанов, С.В. Токмаков
Северо-Кавказский федеральный научный центр садоводства, виноградарства, виноделия,
Краснодар, Россия, *ulyanovskaya_e@mail.ru

GENETIC RESOURCES OF THE GENUS *MALUS* MILL. AS THE BASIS FOR BREEDING IMPROVEMENT OF THE SOUTHERN APPLE-TREE ASSORTMENT

Y.V. Ulyanovskaya*, E.A. Chernutskaya, I.M. Balapanov, S.V. Tokmakov
North Caucasian Federal Scientific Center of Horticulture, Viticulture, Wine-making,
Krasnodar, Russia, *ulyanovskaya_e@mail.ru

Комплексное изучение генетических ресурсов яблони как основной плодовой культуры с использованием всего имеющегося потенциала фенотипических и молекулярно-генетических методов; формирование, развитие и пополнение идентифицированной коллекции для решения важнейших селекционных задач по приоритетным признакам – основа современной селекции и создания высококачественных отечественных сортов для южного плодоводства. Активное привлечение и использование в селекции многолетних плодовых растений современных методов ДНК-маркирования, в частности для изучения нового коллекционного и полученного наиболее перспективного селекционного материала способствует более быстрому и успешному решению поставленных целей, в значительной мере позволяя ускорить достаточно длительный, многоэтапный и энергозатратный селекционный процесс. Среди плодовых растений генетика яблони как ведущей культуры наиболее изучена. Однако актуальна задача по выявлению и созданию новых источников улучшенного качества, в том числе обладающих высокой лежкоспособностью и плотностью мякоти плодов, позволяющей значительно экономить средства на хранение и транспортировку плодовой продукции. Цель исследования – изучение аллельного разнообразия яблони по гену *MdEXP7*, участвующего в контроле активности экспансина, и формирование идентифицированной коллекции для ускорения селекционного процесса по созданию отечественных сортов с улучшенным качеством плодов.

Объекты исследований – 46 сортов яблони различного генетического и эколого-географического происхождения. НИР проводили в ФГБНУ «Северо-Кавказский федеральный научный центр садоводства, виноградарства, виноделия» в полевых и в лабораторных условиях. Использован ЦКП «Исследовательско-селекционная коллекция генетических ресурсов садовых культур» в ЗАО ОПХ «Центральное», г. Краснодар. Сады 2015–2017 гг. посадки, схема 4 × 1 м. Основной метод, используемый при ДНК-маркировании генов – полимеразная цепная реакция (ПЦР) с последующим электрофоретическим анализом продуктов ПЦР. Используются молекулярно-генетические методы исследования. Для экстракции ДНК применен метод СТАВ на основе использования детергента цетилтриметиламмонийбромида (Murray, Thompson, 1980; Patocchi et al., 2005). Использована разработанная в ФГБНУ СКФНЦСВВ ранее модификация метода СТАВ, основанная на применении поливинилпирролидона в концентрации 1% в лизирующем буфере для более полной очистки проб ДНК от полифенольных соединений. Определение размеров амплифицированных фрагментов по ДНК-маркеру целевого гена *MdEXP7* выполнено с использованием фрагментного анализа на автоматизированном генетическом анализаторе Нанофор 5.0. НИР выполнена согласно общепринятым и современным программам и методикам селекции и сортоизучения плодовых растений (Орел, 1999; Краснодар, 2012, 2013, 2017).

В селекции яблони на улучшенные качественные показатели плодов признак «плотность мякоти» имеет большое значение как для улучшения характеристики потребительских свойств и коммерческой ценности свежих плодов, так и для увеличения их периода хранения. Процесс чрезмерного размягчения мякоти плодов при созревании и хранении негативно влияет на их органолептические показатели. Известно, что ген *Md-EXP7* участвует в контроле активности экспансина на начальном этапе размягчения мякоти плодов яблони. Для данного гена идентифицирован функциональный ДНК-маркер, который основан на косегрегирующем с ним SSR-локусе. Ранее было установлено, что на основе достоверной взаимосвязи длины микросателлитного повтора с уровнем экспрессии гена *Md-EXP7* и плотностью мякоти соответственно, наиболее перспективны для использования в селекции и производстве те образцы, которые имеют аллель 198 пн (пар нуклеотидов). У образцов яблони с данным аллельным вариантом по гену *Md-EXP7* показатель плотности мякоти плодов будет максимален. При размере аллелей 214 пн показатель плотности мякоти будет наиболее низким; промежуточное среднее значение показателя плотности плодов – при размере аллелей от 202 до 210 пн. В выборку сортов современной селекции генофонда ФГБНУ СКФНЦСВВ, изучаемых по данному признаку, вошли образцы из России, стран СНГ, стран Западной Европы, США, Японии, Новой Зеландии. Среди исследуемых образцов перспективные сорта зарубежной селекции: ‘Gold Pink’ (Италия), ‘Greenstar’ (Бельгия), ‘Wine Crisp’, ‘Juliet’ (США), ‘Sirius’ (Чехия), ‘Big Red Gala’ (Новая Зеландия) и др.

По результатам ДНК-маркерной идентификации по целевому гену *Md-EXP7* в исследуемой выборке сортов выявлены различные аллельные состояния гена: 198, 202, 204, 206, 210 и 214 п.н. Среди изученных коллекционных образцов выявлено наличие 8 аллельных вариантов: 198/198 пн, 198/202 пн, 198/210 пн, 202/202 пн, 202/206 пн, 204/204 пн, 202/214 пн, 210/210 пн. Наиболее распространен в выборке аллель 202 пн, выявленный у большинства образцов (87% или 40 из 46 изученных), из них у большинства в гомозиготном состоянии (70% или 28 из 40 изученных). По данным ДНК-маркирования выделены генотипы яблони, обладающие наибольшей селекционной ценностью по искомому признаку, носители аллельной комбинации 198/198 пн по гену *Md-EXP7*: гибридная форма 17/1-6-73 (12/1-21-63 × Modi), ‘Crimson Crisp’, ‘Кандиль Орловский’, а также аллельного варианта 198/202 пн: ‘Wine Crisp’, ‘Juliet’, ‘Память Липунова’, ‘Жилинское’, ‘Greenstar’, ‘Персиковое’. По комплексу ценных для селекции показателей качества плодов: высокие вкусовые достоинства; сочная, скалывающаяся мякоть и эффектная ярко-красная покровная окраска следует выделить сорт ‘Crimson Crisp’ – перспективный источник улучшенных потребительских показателей плодов. Кроме того, особого внимания заслуживают иммунные к парше генотипы – носители гена *Rvi6*: ‘Crimson Crisp’, ‘Wine Crisp’, ‘Juliet’, ‘Жилинское’ и особенно сорт ‘Кандиль Орловский’ – носитель нескольких генов устойчивости к парше: *Rvi6*, *Rvi4*, *Rvi2* и *Rvi8*. Данные генотипы могут быть использованы в различных селекционных программах по яблоне для создания устойчивых к парше сортов с улучшенными коммерческими характеристиками и показателями качества плодовой продукции.

Исследование выполнено за счет средств гранта Российского научного фонда и Кубанского научного фонда № 22-26-20101, <https://rscf.ru/project/22-26-20101>.

СЕЛЕКЦИОННАЯ РАБОТА НА КОЛЛЕКЦИЯХ ЯГОДНЫХ КУЛЬТУР ПОС ВИР: ПРОШЛОЕ, НАСТОЯЩЕЕ, БУДУЩЕЕ

М.А. Ярцева

Федеральный исследовательский центр Всероссийский институт генетических ресурсов растений имени Н.И. Вавилова, Полярная опытная станция – филиал ВИР, Апатиты, Россия, 468975@mail.ru

BREEDING WORK ON THE COLLECTIONS OF BERRY CROPS AT THE POLAR EXPERIMENT STATION OF VIR: PAST, PRESENT AND FUTURE

M.A. Yartseva

N.I. Vavilov All-Russian Institute of Plant Genetic Resources, Polar Experiment Station of VIR, Apatity, Russia, 468975@mail.ru

100 лет назад Мурманская область на карте «Области и районы плодоводства СССР» была обозначена белым пятном, и о развитии ягодоводства за Полярным кругом не было речи и вопрос о возможности развития земледелия в этом районе был спорным.

По инициативе Н.И. Вавилова недалеко от железнодорожной станции Хибины Мурманской области на берегу озера Имандра И.Г. Эйхфельдом в 1924 году был основан самый северный в мире опытный сельскохозяйственный пункт, позже переименованный в Полярную опытную станцию ВИР. Становление и развитие Полярной опытной станции связано с освоением природных богатств Кольского полуострова. Перед учеными была поставлена задача – выяснить возможности растениеводства на Крайнем Севере и создать сельское хозяйство, которое должно было обеспечить население Севера трудно доставляемыми свежими овощными продуктами. На основании первых исследований было установлено, что в условиях Заполярья можно возделывать наряду с картофелем, овощными, некоторыми зерновыми и ягодные культуры. Из отчета за 1924 год: «Были начаты небольшие работы с ягодными культурами – малиной, смородиной, земляникой». В первом десятилетии работы опытной станции были заложены основные предпосылки к успешному развитию и продвижению ягодоводства на Крайнем Севере. Сбор дикорастущих форм, привлечение большого количества сортов из других регионов, углубление исследований и как продолжение работы – первые селекционные опыты были проведены в 1936 году. В 1940 году на постоянное место высажены гибридные сеянцы разных лет скрещивания, некоторые гибриды начали плодоношение. Провели скрещивание поляники с дикой малиной. В период Великой Отечественной войны 1941–1945 годы научно-исследовательская работа с ягодными культурами не проводилась, однако все образцы, собранные до войны, были сохранены.

В первые послевоенные годы продолжилось сортоизучение ягодных культур в направлении выявления ценных признаков. Появились первые посадки ягодных культур в совхозах «Индустрия», «Нивский» и других. В 1950–1960-е годы ягодной группой выведено пять сортов черной и красной смородины. Сорта черной смородины были получены на новой генетической основе с привлечением помимо смородины черной европейского и сибирского подвидов очень ценного вида смородины дикуши. Были созданы семь сортов малины и четыре сорта земляники. Однако все эти сорта имели те или иные недостатки и требовали дальнейшей селекционной работы по их улучшению, а также по созданию новых, еще более хороших сортов.

В 1970 году возобновились экспедиционные сборы дикорастущих образцов ягодных культур в различных районах европейского и азиатского Севера, Дальнего Востока, Хабаровского края, а также Кольского полуострова.

Самым продуктивным периодом селекционной работы можно считать отрезок с 1980 до начала 2000-х. В эти годы прошли оценку более 300 гибридов смородины,

малины и земляники, что дало возможность выделить элиту, сочетающую в себе наряду с адаптацией к суровым условиям Заполярья, стабильную высокую урожайность, болезнестойкость, хорошие вкусовые и технологические качества ягод. Впоследствии эти гибриды были зарегистрированы в сорта. В настоящее время известно семь сортов черной смородины: 'Кольский сувенир', 'Северное сияние', 'Сюрприз Елсаковой', 'Мурманчанка', 'Памяти Бредова', 'Имандра', 'Подарок Заполярья', пять сортов красной смородины 'Татьяна', 'Светлана', 'Сережка', 'Лапландия', 'Заря Заполярья' и один сорт земляники садовой 'Хибинская красавица'.

Совокупность опыта прошлого, сохранение коллекций и применение новейших генетических методов позволит создавать новые, более совершенные сорта. Сокращение сроков выращивания, улучшение вкусовых качеств, увеличение урожайности и экологичности ассортимента ягодных культур Мурманской области в целом приведет к улучшению питания и качества жизни северян.

**V Вавиловская
международная конференция
Молодежная конференция**



**МОЛОДЕЖНАЯ КОНФЕРЕНЦИЯ
«ПОКОЛЕНИЕ F3 – К 135-ЛЕТИЮ СО ДНЯ
РОЖДЕНИЯ Н.И. ВАВИЛОВА»**

**YOUTH CONFERENCE
“THE F3 GENERATION: COMMEMORATING
THE 135th BIRTHDAY OF NIKOLAY VAVILOV”**

УСТОЙЧИВОСТЬ ОБРАЗЦОВ МЕСТНОГО ЯЧМЕНЯ ИЗ КИТАЯ К ОБЫКНОВЕННОЙ ЗЛАКОВОЙ ТЛЕ

Р.А. Абдуллаев, Д.Е. Акимова, Е.Е. Радченко

Федеральный исследовательский центр Всероссийский институт генетических ресурсов растений имени Н.И. Вавилова, Санкт-Петербург, Россия, abdullaev.1988@list.ru

GREENBUG RESISTANCE IN BARLEY ACCESSIONS FROM CHINA

R.A. Abdullaev, D.E. Akimova, E.E. Radchenko

N.I. Vavilov All-Russian Institute of Plant Genetic Resources, St. Petersburg, Russia, abdullaev.1988@list.ru

Возделывание устойчивых сортов – эффективный способ борьбы с обыкновенной злаковой тлей *Schizaphis graminum* Rondani – экономически важным вредителем ячменя и других зерновых культур на юге России. Насекомое дифференциально взаимодействует с генотипами растений-хозяев, что обуславливает необходимость постоянного поиска новых доноров устойчивости. Изучили 314 образцов ячменя из Китая (преимущественно местные формы) по устойчивости к краснодарской (Кубанская опытная станция ВИР – филиал Всероссийского института генетических ресурсов растений имени Н.И. Вавилова, Гулькевичский район) популяции тли и выделенным из нее клонам. Работу проводили в световом зале, где поддерживалась температура воздуха +20...+25°C. Насекомых разводили на проростках сорта ячменя ‘Белогорский’, выращенных в половинках чашек Петри на смоченной водой вате. Для получения клона одну самку изолировали на сорте ‘Белогорский’ с помощью стекла от фонаря «летучая мышь», верхнюю часть которого затягивали бязью. Садки с клонами насекомого размещали на светоустановках, оборудованных люминесцентными лампами. Дальнейшее поддержание клонов проводили путем пересадки стряхиванием тлей в аналогичные садки. В месте питания *S. graminum* растительные ткани некротизируются, что позволяет тестировать поврежденность растений в баллах. Для проведения скрининга в кюветы с почвенной смесью высевали по 10 рядов исследуемых образцов и 2 ряда неустойчивого контроля. Ювенильные растения заселяли смесью клонов, стряхивая разновозрастных тлей (4-5 особей на растение) на оцениваемые образцы ячменя и при гибели контроля (обычно через 10–14 дней после заселения) оценивали устойчивость по шкале от 0 (нет повреждений) до 10. Растения с баллами 1–4 (повреждено до 30% листовой поверхности) относили к устойчивому классу, 9–10 – восприимчивому. Выделившиеся по устойчивости образцы тестировали повторно. В результате скрининга выделили 25 гетерогенных по устойчивости образцов, среди которых у 17 форм выявлены растения с высокой (1–4 балла) и умеренной (5–8 баллов) устойчивостью, а у 8 образцов проявление устойчивого компонента варьировало в пределах 5–8 баллов (повреждено от 31 до 70% листовой поверхности). У восьми образцов растения были отчетливо дифференцированы на 2 фенотипических класса (устойчивый, 1–4 балла и восприимчивый, 9–10 баллов), однако преобладали формы, характеризующиеся широким спектром степени поврежденности растений. Значительная изменчивость признака может обуславливаться проявлением генов со слабым фенотипическим эффектом и/или, что более вероятно, присутствием в популяции *S. graminum* клонов с различной вирулентностью к изученным формам. Оценка поврежденности линий, отобранных ранее из гетерогенных образцов к-11602, к-12272, к-15600, к-15903, к-16291, к-16237, к-18455, а также сорта ‘Post’ (носитель идентифицированного ранее гена *Rsg1*) клонами тли с различными фенотипами вирулентности показала, что местные формы ячменя из Китая имеют аллели генов устойчивости, отличающиеся от *Rsg1*.

Исследование выполнено за счет гранта Российского научного фонда (Проект № 21-76-00018, <https://rscf.ru/project/21-76-00018/>).

РАЗНООБРАЗИЕ ОБРАЗЦОВ ЯЧМЕНЯ ИЗ ЯПОНИИ ПО ФОТОПЕРИОДИЧЕСКОЙ ЧУВСТВИТЕЛЬНОСТИ

Р.А. Абдуллаев, И.А. Звейнек, Н.В. Алпатьева, Е.Е. Радченко

Федеральный исследовательский центр Всероссийский институт генетических ресурсов растений имени Н.И. Вавилова, Санкт-Петербург, Россия, abdullaev.1988@list.ru

DIVERSITY OF BARLEY ACCESSIONS FROM JAPAN ACCORDING TO PHOTOPERIOD SENSITIVITY

R.A. Abdullaev, I.A. Zveinek, N.V. Alpatieva, E.E. Radchenko

N.I. Vavilov All-Russian Institute of Plant Genetic Resources, St. Petersburg, Russia, abdullaev.1988@list.ru

Слабая чувствительность к фотопериоду и скороспелость являются важными адаптивными признаками многих сельскохозяйственных культур. Раннее созревание в условиях короткого вегетационного периода дает возможность выращивать ячмень в несвойственных данной культуре регионах. Изучение образцов местного ячменя и стародавних сортов народной селекции с целью выявления форм, характеризующихся ценными признаками – значимое направление селекционного процесса. Известно, что при 10-часовом фотопериоде, дневной температуре +8°C и ночной +25°C рецессивный аллель *eam8*, обуславливающий слабую фотопериодическую чувствительность, плеiotропно влияет на гены, контролирующие желтую окраску проростков ячменя. В климатической камере исследовали 386 (52 – местные формы, 334 – сорта и селекционные линии) образцов из Японии с целью выявления носителей *eam8*. Зерно изучаемых форм раскладывали на смоченную водой вату в пластиковые кюветы, которые после прорастания семян помещали в климатическую камеру. На стадии второго листа кюветы просматривали с целью выявления образцов, характеризующихся желтой окраской листьев. В результате фенотипического скрининга выделили образец к-17545 (Яр.456), предположительно имеющий генотип *eam8 eam8*. Образцы ячменя к-7040, к-7061, к-20239, к-21327, к-21429, к-21463, к-22470, к-22092 оказались гетерогенными по изученному признаку. На фотопериодической площадке научно-производственной базы «Пушкинские и Павловские лаборатории ВИР» (Санкт-Петербург) изучили фотопериодическую чувствительность выделившейся в климатической камере формы, а также сортов 'Mari' (индуцированный мутант, *eam8 eam8*), 'Kinai 5' (несет естественную мутацию, *eam8.k eam8.k*) и сильно реагирующего на длину дня сорта 'Белогорский' (*Eam8 Eam8*). Растения выращивали в 8-литровых вегетационных сосудах (10 растений на сосуд) в условиях естественного длинного (18 ч) и короткого (12 ч) фотопериода. После выхода половины колоса главного стебля из влагалища флагового листа отмечали дату колошения каждого растения. Образцы, задерживающие развитие на коротком дне по сравнению с длинным днем в пределах 1–10 суток, относили к слабочувствительным. Показатели фотопериодической чувствительности образца к-17545 (Яр.456) были близки с сортом 'Mari' (носитель аллеля *eam8*). Растения к-17545 при 12-часовом дне оказались наиболее скороспелыми в опыте и на коротком дне выколашивались быстрее (32,1 суток) по сравнению с длинным (34,9 суток). Не реагирующий на продолжительность дня образец к-17545 изучили с помощью молекулярных маркеров. Выявили аллель *eam8.k*, т. е. спонтанную мутацию, ранее обнаруженную у сортов 'Kagoshima Gold' и 'Kinai 5' из Японии. В нуклеотидных последовательностях отдельных растений к-17545 был обнаружен полиморфизм. Этот образец оказался полиморфным также по RAPD-профилям и спектрам запасных белков гордеинов, однако, несмотря на это, все проанализированные растения Яр.456 имели инверсию *eam8.k*.

Исследование выполнено за счет гранта Российского научного фонда (Проект № 21-76-00018, <https://rscf.ru/project/21-76-00018/>).

РЕЗУЛЬТАТЫ ИЗУЧЕНИЯ ГИБРИДНЫХ ПОПУЛЯЦИЙ ВИНОГРАДА

М.М. Агаханов, Ю.В. Ухатова

Федеральный исследовательский центр Всероссийский институт генетических ресурсов растений имени Н.И. Вавилова, Санкт-Петербург, Россия, m.agahanov@vir.nw.ru

RESULTS OF THE STUDY OF GRAPEVINE HYBRID POPULATIONS

M.M. Agakhanov, Yu.V. Ukhatova

N.I. Vavilov All-Russian Institute of Plant Genetic Resources, St. Petersburg, Russia, m.agahanov@vir.nw.ru

Виноград – многолетняя сельскохозяйственная культура, имеющая большое экономическое значение в мире. Количество вирусов и других патогенов, поражающих виноград, намного превышает аналогичный показатель у других многолетних растений. Известно, что виноград поражают грибы, бактерии, вирусы, виоиды, фитоплазмы и вредители. Среди грибных болезней наиболее опасными считаются: милдью, оидиум, серая гниль, фомопсис, антракноз и среди вредителей самый опасный карантинный вредитель – виноградная филлоксера. Получение большого и качественного урожая напрямую зависит от фитосанитарного состояния насаждения. На практике борьба с вирусами и патогенами виноградной лозы ведется разными способами. Один из них – гибридизация с вовлечением в качестве родительских форм устойчивых автохтонных (староместных) сортов. Селекционная работа, направленная на получение устойчивых форм, является актуальной.

Целью настоящего исследования было проведение скрещиваний с участием выявленных источников устойчивости для получения гибридных популяций. Материалом для исследований послужили образцы из ампелографической коллекции ВИР. В качестве материнских форм использовали сорта с функционально женским типом цветка, характеризующиеся чувствительностью к грибным заболеваниям (милдью, оидиуму). В качестве опылителя был выбран автохтонный сорт 'Кара яй изюм', демонстрирующий устойчивость к обоим заболеваниям (милдью, оидиуму) на высоких инфекционных фонах. Гибриды от скрещивания винограда 'Кара яй изюм' с восприимчивыми сортами были проанализированы с использованием 10 микросателлитных праймеров.

В результате анализа 10 проанализированных микросателлитных локусов у изученных гибридов было выявлено 93 аллеля (от 6 до 11 на локус). Кроме того, был рассчитан коэффициент информативности PIC для каждого маркера, значения которого варьировали в диапазоне 0,560–0,875. Было выделено восемь генетических кластеров (K) и проведена оценка генетического разнообразия гибридов винограда. Результаты анализа полученных данных в программе Structure 2.3.4 показали, что изученные гибриды могут быть отнесены к восьми группам.

Анализ популяционной структуры по результатам микросателлитного маркирования позволяет сделать вывод о том, что гибриды от скрещивания 3 (♀ Аг чакракар × ♂ Кара яй изюм), 6 (♀ Махбор цибил × ♂ Кара яй изюм) и 8 (♀ Ири тумут × ♂ Кара яй изюм) не имеют признаков генетического засорения и потенциально могут быть использованы для селекционных целей.

Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ в рамках научного проекта № 20-316-80059.

ЛЬВИНЫЙ ЗЕВ – МОДЕЛЬНОЕ РАСТЕНИЕ В СЕЛЕКЦИИ ДЕКОРАТИВНЫХ КУЛЬТУР

И.В. Барабанов, Р.С. Рахмангулов

Федеральный исследовательский центр Всероссийский институт генетических ресурсов растений имени Н.И. Вавилова, Санкт-Петербург, Россия, ivanbarabanov88@gmail.com

SNAPDRAGON: A MODEL PLANT IN ORNAMENTAL CROP BREEDING

I.V. Barabanov, R.S. Rakhmangulov

N.I. Vavilov All-Russian Institute of Plant Genetic Resources, St. Petersburg, Russia, ivanbarabanov88@gmail.com

Основная задача селекции декоративных культур в России – расширение и совершенствование отечественного сортимента, создание растений с ценными хозяйственными признаками, среди которых – устойчивость к биотическим и абиотическим факторам среды, аромат, компактность куста, сроки и обильность цветения, определенная форма и окраска цветка, листьев и другие.

Получение приведенных выше признаков у растений традиционными методами (отбор, отдаленная гибридизация, клоновая селекция) – чрезвычайно длительный процесс.

Скорейшее выведение не уступающих зарубежным аналогам или же уникальных сортов в рамках импортозамещения требует привлечения современных биотехнологических и молекулярно-генетических методов селекции (Соколова и др., 2019; Рахмангулов, Тихонова, 2021).

В качестве модельного растительного объекта представляется актуальным традиционное однолетнее декоративное растение – львиный зев *Antirrhinum majus* L. Ввиду короткого периода развития (4 месяца), диплоидности вида ($2n = 16$), легкости самоопыления и возможности перекрестного опыления, малого размера генома (~520 Мб), аннотации генома (порядка 37 714 генов) львиный зев является удобным объектом в изучении регуляторных (*R2R3-MYB*) и структурных (*CHI*, *CHS*, *DFR*, *F3H*, *F3'H*, *F3'H*, *F3'5'H*) генов биосинтеза антоцианов, цветения и архитектоники растений (*TFL/CEN*, *MADS-box*), аромата цветка, устойчивости к различным стрессирующим факторам биотической и абиотической природы (Banfield, Brady et al., 2001; Müller et al., 2001; Schwinn et al., 2006).

Таким образом изучение механизмов регуляции генов интереса и проверка их функциональности позволит в последующем разработать и применять современные методы селекции в создании новых перспективных сортообразцов декоративных культур.

Работа подготовлена в рамках государственного задания согласно тематическому плану ВИА по проекту № FGEM-2022-0011 «Разработка подходов ускоренной селекции для улучшения хозяйственно ценных признаков декоративных и ягодных культур».

Список литературы

- Рахмангулов Р.С., Тихонова Н.Г. Селекция декоративных растений в России // Биотехнология и селекция растений. 2021. Т. 4, № 4. С. 40–54. DOI: 10.30901/2658-6266-2021-4-04. EDN TEQPLO.
- Соколова М.А., Кузичев О.Б., Гончарова С.В., Пугачева Г.М. Современные направления в селекции некоторых цветочных культур // Достижения науки и техники АПК. 2019. Т. 33, № 2. С. 34–38. DOI: 10.24411/0235-2451-2019-10209. EDN UYSZDH.
- Banfield M.J., Brady R.L. The structure of *Antirrhinum* Centroradialis protein (*CEN*) suggests a role as a kinase regulator // Journal of Molecular Biology. 2000. Vol. 297, No 5. P. 1159–1170. DOI: 10.1006/jmbi.2000.3619
- Müller B.M., Saedler H., Zachgo S. The *MADS-box* gene *DEFH28* from *Antirrhinum* is involved in the regulation of floral meristem identity and fruit development // The Plant Journal. 2001. Vol. 28, No 2. P. 169–179. DOI: 10.1046/j.1365-3113.2001.01139.x
- Schwinn K., Venail J., Shang Y., Mackay S., Alm V., Butelli E., Oyama R., Bailey P., Davies K., Martin C. A small family of MYB-regulatory genes controls floral pigmentation intensity and patterning in the genus *Antirrhinum* // The Plant Cell. 2006. Vol. 18, No 4. P. 831–851. DOI: 10.1105/tpc.105.039255

ОЦЕНКА ЭФФЕКТИВНОСТИ МИКРОРАЗМНОЖЕНИЯ ОБРАЗЦОВ ВИНОГРАДА ИЗ КОЛЛЕКЦИИ ВИР

А.Е. Бумагина, М.В. Ерастенкова, Ю.В. Ухатова

Федеральный исследовательский центр Всероссийский институт генетических ресурсов растений имени Н.И. Вавилова, Санкт-Петербург, Россия, a.bumagina@vir.nw.ru

ASSESSMENT OF GRAPEVINE ACCESSIONS FROM THE VIR COLLECTION FOR THEIR MICROPROPAGATION EFFECTIVENESS

A.E. Bumagina, M.V. Erastenkova, Yu.V. Ukhanova

N.I. Vavilov All-Russian Institute of Plant Genetic Resources, St. Petersburg, Russia,
a.bumagina@vir.nw.ru

Произведена сравнительная оценка семь сортов винограда из коллекции ВИР по уровню приживаемости и способности к микроклональному размножению в культуре *in vitro*. Наибольший процент приживаемости наблюдали у сорта 'Кайтаги', а максимальный коэффициент микроклонального размножения был у сорта 'Кишмиш круглый'.

Один из важнейших биологических показателей потенциала растения – способность к микроклональному размножению. Метод микроклонального размножения способен решать широкий сектор задач – оздоровление растений от вирусов, бактериальных и грибных болезней; получение большого объема растительного материала за короткие сроки при сохранении генетической однородности растений; отбор растений с высокой способностью к регенерации для дальнейших биотехнологических работ; долгосрочное хранение растительного материала.

Целью работы было определение регенерационной способности семи сортов винограда.

В работе было исследовано семь сортов винограда, взятых из полевой коллекции, сохраняемой в условиях Дагестанской опытной станции – филиала ВИР: 'Гимра новый' (к-41705), 'Виерул 59' (к-41703), 'Кайтаги' (к-41684), 'Кишмиш тумут' (к-41680), 'Кара яй изюм' (к-41647), 'Лесной белый Марагинский' (к-41690), 'Кишмиш круглый' (к-41880). При введении в культуру *in vitro* в качестве стерилизующего агента использовали 10% коммерческий раствор отбеливателя АСЕ с экспозицией 12 минут. Верхушечные и пазушные почки вводили на среду Мурасиге и Скуга (МС) с добавлением 1 мг/л 6-БАП.

Затем через 1,5 месяца культивирования микрорастения сегментировали на однопочковые эксплантаты и культивировали на безгормональной среде МС. Через 50 дней культивирования были получены данные о приживаемости и коэффициент микроразмножения (КМР) сортов. КМР рассчитывали, как количество вновьобразовавшихся почек из одной материнской почки.

Диапазон приживаемости составил от 45% ('Кишмиш круглый') до 90% ('Кайтаги'). Наиболее жизнеспособными сортами оказались: 'Кайтаги' (90%) и 'Виерул 59' (86%). КМР варьировал от 3 ('Виерул 59') до 5,78 ('Кишмиш круглый'). Наибольший КМР у сортов: 'Кишмиш круглый' (5,78), 'Гимра новый' (5,75) и у 'Лесной белый Марагинский' (5,38). Определен оптимальный сорт по показателям микроклонального размножения – 'Гимра новый'.

В результате работы определен сорт для дальнейшего включения в программы по геномному редактированию. Установлены сортовые различия по способности к микроклональному размножению на среде МС. Полученные данные могут являться основой для дальнейшего изучения регенерационной способности растений винограда и в перспективе – для генетического редактирования растений.

СОЗДАНИЕ ИНБРЕДНЫХ ЛИНИЙ МНОГОПОЧАТКОВОЙ КУКУРУЗЫ С СИНХРОННЫМ ЦВЕТЕНИЕМ ПОЧАТКОВ

В.В. Васипов, Д.С. Куцев, А.В. Ульянов, Э.Б. Хатефов

Федеральный исследовательский центр Всероссийский институт генетических
ресурсов растений имени Н.И. Вавилова, Санкт-Петербург, Россия, haed1967@rambler.ru

DEVELOPMENT OF INBRED MULTICOB MAIZE LINES WITH SYNCHRONOUS COB FLOWERING

V.V. Vasipov, D.S. Kutsev, A.V. Ulyanov, E.B. Khatefov

N.I. Vavilov All-Russian Institute of Plant Genetic Resources, St. Petersburg, Russia,
haed1967@rambler.ru,

Многопочатковость у кукурузы описана давно и отнесена к положительным селекционно ценным признакам. Впервые обратил внимание на полезные свойства многопочатковости В.Е. Козубенко (1955, 1965). В своих исследованиях он впервые установил положительную корреляцию между многопочатковостью и засухоустойчивостью растений. Результатом его исследования явилось создание многопочаткового сорта кукурузы 'Зубовидная 3135', выделенная методом отбора из незасухоустойчивого сорта 'Миннесота 13' экстра. Впоследствии он стал одним из родительских линий гибрида Буковинский 1. Преимущества многопочатковой кукурузы для засушливых зон отмечал Б.П. Соколов (1958). Он указывал, что в засушливых районах вследствие невозможности загущения посевов целесообразно использование многопочатковой кукурузы на изреженном посеве. Количество дополнительных початков компенсирует, таким образом, изреженность и почвенная влага остается более доступной. Опыты проведены согласно «Методические указания по селекции кукурузы ВНИИК» (1982) и Методических указаний ВИР «Изучение и поддержание образцов коллекции кукурузы» (1985). Биометрические измерения и их описания проведены согласно «Широкому унифицированному классификатору СЭВ и международного классификатора СЭВ вида *Zea mays* L.» (1977). Статическую обработку данных проводили по методике Б.А. Доспехова (1985). Материалом исследований служили диплоидные линии многопочатковой кукурузы, полученные с участием теосинте Чалко (коллекция ВИР) и выделенные из других диплоидных и тетраплоидных популяций склонных к многопочатковости. Тестерами для проведения топкроссов служили однопочатковые стерильные линии с «М» типом ЦМС селекции КНИИСХ им. П.П. Лукьяненко Кр703М, Кр714М и селекции КБНИИСХ Гк26М. Исследования проводили в предгорной и степной зонах Кабардино-Балкарии на ОПХ «Нартан» и ОПХ «Опытное» в 2020–2022 гг. Значения коэффициента многопочатковости рассчитывали по числу початков с делянки, разделенной на число растений на делянке. Агротехника посевов соответствовала технологической карте для каждой из зон. Густота посевов на делянке регулировалась вручную, и составляло 60 тыс. растений/га. Созданные инбредные линии многопочатковой кукурузы, характеризующиеся синхронностью цветения початков верхних и нижних ярусов. Значения синхронности выхода рылец из обертков початка варьирует в пределах 3–5 дней. При этом продолжительность цветения метелки составляет от 4 до 7 дней. Установлена прямая корреляция значений озерненности початков верхних и нижних ярусов от продолжительности и обильности цветения метелки. У линий с большим разрывом цветения метелки и нижних ярусов початков обнаруживается плохая озерненность и выполненность початка, отставание в сроках созревания початка, высокая уборочная влажность нижних початков, меньшие значения количественных признаков початков нижних ярусов.

Работа выполнена в рамках госзадания ВИР, проект № FGEM-2022-0012 «Клеточные технологии для расширения селекционного потенциала культур овощного направления использования»

КУЛЬТИВИРОВАНИЕ РОДИОЛЫ РОЗОВОЙ (*RHODIOLA ROSEA* L.) *IN VITRO*

А.Ш. Гильванов, А.С. Киселева, А.А. Усова, У.А. Галиханов, Л.З. Хуснетдинова
Казанский (Приволжский) федеральный университет, Казань, Россия,
gilvanovamir472@gmail.com

IN VITRO CULTIVATION OF GOLDEN ROOT (*RHODIOLA ROSEA* L.)

A.S. Gilvanov, A.S. Kiseleva, A.A. Usova, U.A. Galikhanov, L.Z. Khusnetdinova
Kazan (Volga Region) Federal University, Kazan, Russia,
gilvanovamir472@gmail.com

Сохранение генетических ресурсов природной флоры является одним из важнейших направлений современных исследований в мире. Многие виды природной флоры могут служить носителями важных генов и донорами ценных биохимических соединений. Родиола розовая (*Rhodiola rosea* L.) – многолетнее лекарственное растение, корневища которого богаты биологически активными веществами, такими как салидрозид, родиолозид, флавоноиды, дубильные вещества, эфирные масла. Применяют родиолу розовую в качестве адаптогенного, стимулирующего и антиоксидантного средства. В результате естественных трудностей размножения и неконтролируемого сбора, после которого природные ареалы этого вида восстанавливаются очень медленно (в течение нескольких лет), вид занесен в Красную книгу Российской Федерации.

Микрочлональное размножение *in vitro* позволяет решить данную проблему за счет более высоких коэффициентов размножения, экономии площадей и оптимальных контролируемых условий роста, исключающих негативные факторы окружающей среды, приводящие к гибели растений на ранних этапах развития, тем самым способствует сохранению природных популяций.

Целью настоящего исследования является подбор оптимального протокола для введения и размножения *in vitro* родиолы розовой с использованием семян для получения стерильных растений. В задачи исследования входили оценка всхожести стратифицированных и не прошедших предварительную обработку семян, разработка оптимального протокола стерилизации семян и подбор методики введения их в культуру *in vitro* для получения стерильных растений, которые можно использовать для микрочеренкования.

Стратификация семян проводилась в течение месяца в холодильной камере и оказала положительное влияние на всхожесть. Протокол стерилизации растительного материала включал промывку в проточной воде, обработку водным раствором гипохлорита натрия (NaOCl) по разным схемам. Оптимальной оказалась обработка семян 0,16% гипохлоритом натрия в течение 20 минут. В качестве питательной среды для посадки семян была приготовлена среда Мурасиге и Скуга с добавлением 30 г/л сахарозы и 8 г/л агар-агара, pH 5,8. В результате трех месяцев культивирования *in vitro* было получено стерильное растение-регенерант родиолы розовой.

На следующем этапе работы планируется микрочеренкование полученного растения на питательную среду MS с добавлением фитогормонов для последовательной индукции развития надземной и подземной частей. Затем, в перспективе, мы планируем адаптировать полученные асептические микрорастения к естественным условиям и высадить их в открытый грунт для восстановления природных ареалов.

Таким образом, полученные микрочлонально размноженные нами растения родиолы розовой могут помочь снизить антропогенную нагрузку на естественные популяции этого уникального лекарственного растения, находящегося на грани исчезновения.

Список литературы

- Государственная фармакопея Российской Федерации. XIV изд. Т. III. Москва, 2018. URL: <http://pharmacopeia.ru/> (дата обращения: 22.05.2022).
- Дитченко Т.И. Культура клеток, тканей и органов растений: курс лекций. Минск: БГУ, 2007. 102 с. EDN TKVDIB.
- Карпук В.В. Фармакогнозия: учебное пособие. Минск: БГУ, 2011. 340 с. (Классическое университетское издание). EDN RJUWXL.
- Перинская Ю.С., Саканян Е.И. Современное состояние и перспективы разработки лекарственных средств на основе корневищ с корнями родиолы розовой (*Rodiola rosea* L.) // Химико-фармацевтический журнал. 2014. Т. 48, № 8. С. 28–32. EDN SKFLAF.
- Степанова Э.Ф., Ширзад Б., Евсеева С.Б. Родиола розовая: состояние исследований и возможности создания космецевтических и дерматологических средств // Фармация и фармакология. 2016. Т. 4, № 5. С. 36–62. DOI: 10.19163/2307-9266-2016-4-5-36-62. EDN ХАНЕНХ.
- Ширзад Б., Огай М.А., Степанова Э.Ф., Сливкин А.И., Оздоев М.-Б.М., Нам Н.Л. Разработка и исследование мягкой лекарственной формы из родиолы розовой // Вестник Воронежского государственного университета. Серия: Химия. Биология. Фармация. 2018. № 1. С. 159–165. EDN XNBZMT.
- Широков А.И., Крюков Л.А. Основы биотехнологии растений: электронное учебно-методическое пособие. Нижний Новгород: Нижегородский госуниверситет, 2012. 49 с. EDN WNFIMT.
- Erst A.A., Erst A.S., Shmakov A.I. *In vitro* propagation of rare species *Rhodiola rosea* from Altai Mountains // Turczaninowia. 2018. Vol. 21, No 4. P. 78–86. DOI: 10.14258/turczaninowia.21.4.9. EDN YQNDMT.
- Khapilina O.N., Kupeshev Z.S., Danilova A.N., Kalendar R.N. In vitro culture of *Rhodiola rosea* L.// Eurasian Journal of Applied Biotechnology. 2016. № 4. С. 3–11. EDN YSSHJD.

**ВЫЯВЛЕНИЕ ЭФФЕКТИВНЫХ МАРКЕРОВ ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ГЕНА,
ДЕТЕРМИНИРУЮЩЕГО УСТОЙЧИВОСТЬ К *PYRENOPHORA TERES* F. *TERES*
qPTT_{CLS} НА ХРОМОСОМЕ 3Н**

А.В. Гофман

Всероссийский научно-исследовательский институт защиты растений, Санкт-Петербург,
Россия, gofman.a.v.92@gmail.com

**IDENTIFICATION OF EFFECTIVE MARKERS FOR THE GENE *qPTT_{CLS}*
DETERMINING RESISTANCE TO *PYRENOPHORA TERES* F. *TERES*
ON CHROMOSOME 3H**

A.V. Gofman

All-Russian Institute of Plant Protection, St. Petersburg, Russia, gofman.a.v.92@gmail.com

Мировое производство продукции растениеводства, в том числе и в России, ориентировано на ресурсосберегающие и экологически безопасные технологии. Базовой составляющей их является возделывание устойчивых к болезням сортов сельскохозяйственных культур (Афанасенко, 2013). Согласно многолетнему мониторингу (Лашина, Афанасенко, 2019) болезней ячменя в Северо-Западном регионе РФ, наиболее распространенными болезнями являются гельминтоспориозные пятнистости. Одним из самых распространенных является сетчатая пятнистость, вызываемая *Pyrenophora teres* f. *teres*, потери от которой в зависимости от года могут достигать 40–56% (Steffenson et al., 1991; Kashemirova, 1995; McLean et al., 2009). Несмотря на это, среди сортов ячменя, зарегистрированных в Государственном реестре селекционных достижений, устойчивые к этой болезни отсутствуют (Афанасенко, 2020).

В предыдущих исследованиях в результате GWAS были идентифицированы SNP-маркеры, ассоциированные с локусом устойчивости на хромосоме 3Н, в интервале 45,82–54,53 сМ (Novakazi et al, 2019). В этом интервале ранее был идентифицирован ген устойчивости *qPTT_{CLS}* (Dinglasan et al., 2019). Цель исследования состояла в валидации SNP-маркеров для локуса, контролирующего устойчивость к *P. teres* f. *teres* на хромосоме 3Н путем выявления полиморфизма у восприимчивых сортов ‘Harrington’ и ‘Gezine’ и устойчивых ‘Morex’, ‘Fox’, ‘Zolo’, ‘Canadian Lake Shore’ (CLS) и образца Local k-21578, для которых была выявлена ассоциация устойчивости и наличия маркеров в данном интервале в GWAS.

В работе были изучены семь маркеров на хромосоме 3Н (Clone ID 3272635, JHI-Hv50k-2016-165152, JHI-Hv50k-2016-166356, JHI-Hv50k-2016-183207, JHI-Hv50k-2016-183478, JHI-Hv50k-2016-183463, JHI-Hv50k-2016-183351). Был проведен подбор условий проведения ПЦР, а также испробованы четыре метода конструкции праймеров. Конструкция праймеров осуществлялась при помощи программ FastPCR, WebSnaper и UGENE. При этом праймеры в программе UGENE конструировали двумя способами. В первом случае праймеры подбирали вручную, используя последовательность нуклеотидов, полученную из базы данных Ensembl Plants. Конструкцию праймеров осуществляли выбором участка последовательности нуклеотидов до таргетной SNP и после нее, и на ее основе проводили дизайн прямого и обратного праймеров. Во втором случае подбор праймеров осуществлялся аналогичным образом, но изменяли соседний с SNP нуклеотид на некомплементарный для второй цепи. После конструкции все праймеры, полученные разными методами, проверяли на качество при помощи программы OligoCalc.

По результатам валидации маркеров из семи изученных маркеров локуса устойчивости на хромосоме 3Н, четыре (JHI-Hv50k-2016-183478, JHI-Hv50k-2016-183351, JHI-Hv50k-2016-183463 (генетическая позиция 54,53 сМ) и Clone ID 3272635 (51,27 сМ))

удовлетворяли контрольным показателям: отсутствие продуктов амплификации у восприимчивых сортов 'Harrington' и 'Gezine' и наличие у сорта 'CLS', 'Morex', 'Fox' и образца Local Эквадор к-21578.

Для маркера JHI-Hv50k-2016-183351 отсутствовали продукты амплификации в ДНК сорта 'Morex', а для маркеров JHI-Hv50k-2016-183463 и Clone ID 3272635 отсутствовали ампликоны в ДНК образца Local Эквадор к-21578. Таким образом, маркеры Clone ID 3272635, JHI-Hv50k-2016-183463 и JHI-Hv50k-2016-183478 выявляют полиморфизм у восприимчивых сортов 'Gesine' и 'Harrington' и устойчивых 'Morex', маркеры Clone ID 3272635, JHI-Hv50k-2016-183463, JHI-Hv50k-2016-183351 и JHI-Hv50k-2016-183478 – у 'Fox' и 'CLS' и маркеры JHI-Hv50k-2016-183351 и JHI-Hv50k-2016-183478 – у образца Local Эквадор к-21578. Это может указывать на перспективность использования данных маркеров для детекции гена *qPtt_{CLS}* в гибридных популяциях.

Работа поддержана грантом РФФИ бел.20-516-00007.

АНАЛИЗ ВАРИАТИВНОСТИ ПОТОМСТВА ОТ ВНУТРИВИДОВЫХ СКРЕЩИВАНИЙ ПРИМИТИВНЫХ КУЛЬТУРНЫХ ВИДОВ КАРТОФЕЛЯ ПО ДИНАМИКЕ ПОРАЖЕНИЯ ФИТОФТОРОЗОМ

А.А. Гурина*, Е.А. Заварихина, Е.В. Рогозина

Федеральный исследовательский центр Всероссийский институт генетических ресурсов растений имени Н.И. Вавилова, Санкт-Петербург, Россия, *a.gurina@vir.nw.ru

ASSESSMENT OF THE INTRASPECIFIC CROSSING PROGENY OF PRIMITIVE POTATO CULTIVARS ACCORDING TO LATE BLIGHT DAMAGE DYNAMICS

A.A. Gurina*, E.A. Zavarikhina, E.V. Rogozina

N.I. Vavilov All-Russian Institute of Plant Genetic Resources, St. Petersburg, Russia,
*a.gurina@vir.nw.ru

Картофелеводство – одно из ведущих направлений как мирового, так и российского агропроизводства. Факторами, сильно снижающими производство картофеля в Российской Федерации, являются фитофтороз (возбудитель оомицет *Phytophthora infestans* Mont. de Bary) и вирусные (в особенности вызываемые X, Y, M вирусами картофеля), грибные и бактериальные заболевания. Одно из ключевых направлений селекции этой культуры – создание сортов устойчивых к возбудителям распространенных и карантинных (рак картофеля и глободероз) заболеваний. Источниками устойчивости к этим заболеваниям, как правило, являются дикие виды рода *Solanum* L. sect. *Petota* Dumort., но их использование сопряжено с определенными трудностями, связанными, в частности, с преодолением барьеров нескрещиваемости. Например, интрогрессия гена *Rpi-blb1* из *S. bulbocastanum* Dup. заняла более 40 лет (Palushowska et al., 2022). К первичному генофонду картофеля, представители которого легко скрещиваются между собой, относится целая группа культурных видов, возделываемых местным населением в высокогорных областях Анд, называемая примитивными культурными видами (ПКВ) картофеля. Ценность представителей этих видов по многим физиологическим и биохимическим показателям неоднократно отмечалась в литературе. А в последние годы возрос интерес к ПКВ как к источникам устойчивости картофеля к возбудителям болезней и вредителям (Горбатенко, 2006). Наряду с общим более высоким уровнем иммунитета, так называемой горизонтальной устойчивостью, у ПКВ картофеля также обнаруживаются и «основные» гены устойчивости. Целью данного исследования стала оценка вариативности динамики поражения фитофторозом нескольких популяций, полученных от скрещивания и самоопыления ранее выделенных образцов ПКВ, для выявления особенностей наследования целевого признака в потомстве.

Предварительно был произведен массовый скрининг и лабораторная фитопатологическая оценка более 100 образцов коллекции картофеля ВИР разных видов. В результате были выделены устойчивые и восприимчивые генотипы (Гурина и др., 2022). Для дальнейшего анализа было произведено скрещивание нескольких образцов ПКВ картофеля, контрастных по признаку устойчивости к фитофторозу. В исследования вошли две популяции от внутривидовых скрещиваний: *S. ajanhuiri* Juz. et Buk. (к-9911 – два генотипа) и *S. stenotomum* Juz. et Buk. (к-9301, к-11020), а также две популяции от самоопыления устойчивого генотипа *S. ajanhuiri* (к-9911) разных лет репродукции. В течение двух лет (2020–2021 гг.) были оценены 105 генотипов из всех популяций: в 2020 году оценивались сеянцы, а в 2021 – первая клубневая репродукция. Производилась полевая оценка динамики поражения фитофторозом на естественном инфекционном фоне. Начало оценки соответствовало первым признакам заболевания на восприимчивом стандарте ('Early Rose'). После этого с интервалом в 2-3 дня производилась оценка степени пораженности фитофторозом надземных частей растения

(Киру и др, 2010). Баллы выставлялись по 9-балльной шкале. После поражения более 50% растения (балл 3), производилась уборка. В первый год исследований оценка производилась с 22 августа по 8 сентября, во второй год – с 3 августа по 6 сентября.

По сравнению с образцами контроля (восприимчивый сорт 'Early Rose' и растениями *S. maglia* Schlecht., ранее отмеченными как восприимчивые) первые признаки поражения на популяциях ПКВ были отмечены на 7–10 дней позже. К этому моменту восприимчивый контроль уже был полностью поражен (балл 1-3 у сорта 'Early Rose'). В оба года наблюдений, как при быстром развитии заболевания (2021), так и при более медленном (2022) отмечена значительная дифференциация растений всех четырех изученных популяций по динамике поражения фитофторозом. Обнаружены как генотипы, полностью поражающиеся в течении 3–5 дней после появления первых инфекционных пятен, так и устойчивые генотипы, имеющие менее 10% поражения в последнюю дату проведения оценки (первая декада сентября). В целом результаты по двум годам хорошо совпадают – для всех популяций корреляция свыше 70%.

Можно отметить, что для популяции *S. stenotomum* характерен более высокий балл устойчивости к фитофторозу: 16 генотипов из 34 изученных в течении двух лет охарактеризованы как устойчивые. Во всех популяциях *S. ajanhuiri* этот показатель существенно ниже, и у многих растений была отмечена значительная площадь инфекционного поражения листьев в первую неделю после начала исследования. Возможно, фактором, значительно увеличившим уровень поражения в этих популяциях, стал альтернариоз растений, который мог способствовать проникновению других патогенов, а также несколько исказить оценку, так как на поздних сроках поражения не всегда возможно определить точную причину гибели растения. Тем не менее в каждой популяции ПКВ были выделены контрастные генотипы, показавшие себя устойчивыми или восприимчивыми. Ранее на родительских формах был осуществлен поиск SCAR-маркеров, а также секвенирование контрастных форм, в результате чего было сделано предположение, что природа устойчивости связана с некоторыми вариантами гомолога гена *Rpi-vnt1.3*. Генетический анализ этих популяций позволит проверить данную гипотезу, а также оценить наличие других наследуемых факторов, определяющих устойчивость.

Работа выполнена при поддержке Российского научного фонда, проект № 22-26-00111 «Гены устойчивости картофеля к фитофторозу в контексте эволюции культурных и диких клубненосных видов *Solanum* L.».

ОСОБЕННОСТИ ИСХОДНОГО МАТЕРИАЛА ДЛЯ СОЗДАНИЯ НОВЫХ СОРТОВ ЯРОВОЙ ПШЕНИЦЫ

**Н.В. Давыдова¹, А.О. Казаченко¹, А.В. Широколава¹, А.М. Резепкин¹, В.А. Нардид¹,
Е.Е. Шарошкина¹, Е.С. Романова¹, Ю.В. Чесноков², Г.В. Мирская²**

¹ Федеральный исследовательский центр «Немчиновка», Московская область, Россия,
davnat58@yandex.ru

² Агрофизический научно-исследовательский институт, Санкт-Петербург, Россия.

SPECIFIC FEATURES OF SOURCE MATERIAL FOR THE DEVELOPMENT OF NEW SPRING WHEAT CULTIVARS

**N.V. Davydova¹, A.O. Kazachenko¹, A.V. Shirokolava¹, A.M. Rezepkin¹, V.A. Nardid¹,
E.E. Sharoshkina¹, E.S. Romanova¹, Y.V. Chesnokov², G.V. Myrskaya²**

¹ Federal Research Center “Nemchinovka”, Moscow oblast, Russia, davnat58@yandex.ru

² Agrophysical Research Institute, St. Petersburg, Russia

При создании новых сортов яровой мягкой пшеницы в ФИЦ «Немчиновка» в качестве одного из родительских компонентов традиционно используются озимые формы, обладающие в сравнении с яровыми большим потенциалом урожайности в силу их биологических особенностей. Озимые сорта, включенные в процесс гибридизации за период 2010–2022 гг., представлены 377 формами, с их участием создано 31,8% гибридного материала. В исследованиях использовали как озимые сорта, созданные в ФИЦ «Немчиновка», так и сорта, созданные в научно-исследовательских учреждениях Российской Федерации, а также ближнего и дальнего зарубежья.

При работе с ярово-озимыми гибридами особое внимание следует уделять отбору на скороспелость. Гибриды F1 в подавляющем большинстве выколашиваются позднее яровых родительских форм. При использовании озимых форм в скрещиваниях с яровыми возникает опасность сдвига гибридов в сторону позднеспелости, что крайне нежелательно для условий Центра России, а также северных ее областей из-за частых августовских дождей, в значительной степени снижающих семенные и качественные показатели зерна. Однако изучение большого числа гибридных комбинаций типа «яровая × озимая» показало, что при таких скрещиваниях возможны различные сочетания генетических факторов, приводящие к формированию скороспелых и позднеспелых гибридов. Причем в потомстве могут быть выделены формы, более скороспелые, чем яровой родитель. Как правило, наиболее высокой продуктивностью в ярово-озимых скрещиваниях обладают скороспелые растения, что характерно для большинства полученных нами гибридных комбинаций. Более высокая продуктивность скороспелой группы обусловлена тем, что в условиях Центра Нечерноземной зоны РФ медленно развивающиеся в первый период вегетации формы сильнее поражаются болезнями и вредителями, что приводит к значительному снижению урожая, достигающему в отдельные годы 30–40%. У позднеспелых форм значительно сильнее проявляется и влияние майско-июньской засухи. Скороспелые формы оказались не только более продуктивными, их потомство значительно стабильнее по длине вегетационного периода.

Выделение скороспелых форм при скрещивании ярового и озимого исходного компонента было наиболее трудной задачей в проведении данной работы.

В результате проведенных исследований создан и передан совместно с ООО «Надежда» (Фонд «Сколково») в 2021 году на Государственное сортоиспытание новый сорт яровой мягкой пшеницы ‘Агрос’ (Злата × Московская 56) с высоким потенциалом урожайности до 8,5–9,0 т/га, высокой адаптивностью, устойчивостью к биотическим

и абиотическим стрессовым факторам внешней среды, качественными показателями на уровне сильной и ценной пшеницы. Длина вегетационного периода у сорта 'Агрос' составляет 85 дней, что позволяет отнести его к среднеранним сортам и предложить к возделыванию не только в Центральном регионе России, но и в более северных ее областях. Сорт 'Агрос' практически устойчив в полевых условиях к бурой ржавчине (поражение 0–5%) и мучнистой росе (0–5%), значительно слабее стандартного сорта 'Злата' поражается септориозом (соответственно 10% и 20–25%). Особенно показательны полевые испытания в 2021 году, когда в полевых условиях при эпифитотийной ситуации (максимальное поражение 80%) сорт 'Агрос' поразился лишь на 5–10%.

В селекционный процесс также вовлечены линии популяции ITMI, полученные от скрещивания яровой пшеницы сорта 'Oral 85' с синтетическим гексаплоидом W 7984 (Чесноков, 2012). С использованием инбредных линий популяции ITMI создано 37 гибридных комбинаций на базе лучших сортов яровой пшеницы селекции ФИЦ «Немчиновка» 'Злата', 'Агата' и 'Лиза'.

В 2021 году на Государственное сортоиспытание совместно с ФГБНУ «Агрофизический институт» (г. Санкт-Петербург) передан новый сорт 'Фаина', полученный методом отбора из гибридной популяции (Агата × ITMI 47) F2. В проведенных исследованиях был использован метод отбора материала с определенными локусами количественных признаков QTL, направленных на создание и отбор специализированных генотипов. В данном случае отбирались генотипы, сочетающие высокий уровень урожайности со скороспелостью. Новый сорт 'Фаина' низкостебельный, высота 75–79 см, устойчивость к полеганию во все годы исследований составляла 9 баллов. В полевых условиях значительно менее стандарта поражается наиболее вредоносными листовыми болезнями (бурой ржавчиной, мучнистой росой, септориозом). Качественные показатели соответствуют требованиям к сильной и ценной пшенице.

Диплоидизированные гаплоидные линии, созданные в ФИЦ «Немчиновка» методом гаплоидизации *in vitro* с использованием гаплопродюсера Z. Mays, прошли оценку с применением показателя Пусс (%), что позволило выделить адаптивные к конкретным почвенно-климатическим условиям линий (Давыдова, 2018) и использовать их в селекционном процессе в качестве исходного материала.

Практическим результатом проведенной работы является создание на базе гибридной комбинации (Виза × Амир) методом гаплоидии нового конкурентоспособного сорта яровой мягкой пшеницы 'Лиза'. Сорт среднеспелый, с потенциалом продуктивности до 8,0–8,5 т/га, имеет укороченную соломинку (max. 80 см). Устойчив к полеганию. Значительно слабее стандартного сорта поражается твердой и пыльной головней как в естественных условиях, так и при искусственном заражении. Сравнительно устойчив к мучнистой росе и септориозу колоса. Устойчив к осыпанию. Обладает стабильно высоким качеством зерна. Объемный выход хлеба 970–1015 см³, сила муки 298–303 е.а., содержание клейковины в муке 30–35%. Зерно выровненное, с высоким выходом кондиционных семян.

С 2020 года на Государственное сортоиспытание передан новый сорт яровой мягкой пшеницы 'ТИМА', созданный с использованием дигаплоидной линии 89-04ДГ2Н2188.

Список литературы

Давыдова Н.В., Бурлуцкий В.А. Характеристика диплоидизированных гаплоидов яровой мягкой пшеницы по комплексу хозяйственно-ценных признаков // Плодоводство и ягодоводство России. 2012. Т. 34, № 1. С. 220–226. EDN PABEQX.

Чесноков Ю.В., Почепня Н.В., Козленко Л.В., Ситников М.Н., Митрофанова О.П., Сюков В.В., Кочетков Д.В., Ловассер У., Бернер А. Картирование QTL, определяющих проявление агрономических и хозяйственно ценных признаков у яровой мягкой пшеницы (*Triticum aestivum* L.) в различных экологических регионах России // Вавиловский журнал генетики и селекции. 2012. Т. 16, № 4-2. С. 970–986. EDN RUVLYV.

UPGRADE КАБАЧКА: ВЕРСИЯ Pm-0

Д.Е. Дербенева, М.В. Каракулева, Д.В. Ляпун, М.И. Федяшина, Д.В. Яцеленко,
Д.А. Рыбаков, Ф.А. Беренсен

Федеральный исследовательский центр Всероссийский институт генетических ресурсов растений имени Н.И. Вавилова, Санкт-Петербург, Россия, infuthoria@gmail.com

AN UPGRADE OF GREEN MARROW: VERSION Pm-0

D.E. Derbeneva, M.V. Karakuleva, D.V. Lyapun, M.I. Fedyashina, D.V. Yacelenko,
D.A. Rybakov, F.A. Berensen

N.I. Vavilov All-Russian Institute of Plant Genetic Resources, St. Petersburg, Russia,
infuthoria@gmail.com

Мучнистая роса тыквенных культур – грибное заболевание, вызываемое облигатным паразитом, не нуждающимся в переносчиках для распространения. При эпифитотиях мучнистой росой поражение кабачка *Cucurbita pepo* L. var. *giraumonas* Duch. может достигать 60% от общей площади посевов. Основным методом борьбы с мучнистой росой является применение фунгицидов, которые характеризуются высокой стоимостью, а также негативно влияют на здоровье экосистем. Кроме того, вследствие систематической обработки имеется тенденция к повышению устойчивости мучнистой росы к фунгицидам. Наиболее оптимальным и экологичным методом борьбы с мучнистой росой является поиск сортов и гибридов *C. pepo*, несущих гены устойчивости к данному заболеванию. Интрогрессия ассоциированного с устойчивостью к мучнистой росе региона *Pm-0* в геном *C. pepo* была проведена от дикого вида *C. okeechobeensis* subsp. *martinezii* Bailey при помощи «вида-мостика» *C. moschata* Duch. в 70-х годах XX века в Северной Америке (Rhodes, 1964). В настоящее время в регионе *Pm-0* были выявлены однонуклеотидные замены (SNP), связанные с резистентностью к мучнистой росе, и разработаны молекулярные маркеры для маркер-ориентированной селекции (Holdsworth et al., 2016). В области *Pm-0*, исследованной Holdsworth, локализовано 14 генов-кандидатов. Один из них – ген *At5g66900* у *Arabidopsis thaliana*, кодирующий белок структуры NBS-LRR, который ассоциирован с устойчивостью к мучнистой росе. Для его идентификации были разработаны два CAPS-маркера, один из которых был внутригенным (NBS_S9_1495924), а второй – тесно сцепленным с признаком (S9_1539675).

Мы поставили перед собой цель: изучить материал из коллекции ВИР на наличие маркеров локуса *Pm-0*. Для ее достижения были поставлены следующие задачи. 1. Отобрать растительный материал из коллекции ВИР. 2. Сравнить различные методы выделения ДНК. 3. Провести ПЦР и рестрикционный анализ. 4. Выделить образцы, несущие маркеры устойчивости области *Pm-0*, для рекомендаций исследователям и селекционерам.

Для исследования был отобран 21 образец (сорта и гибриды) из коллекции ВИР, которые ранее не изучались на наличие региона *Pm-0*, связанного с устойчивостью. Отбор образцов производился на Адлерской станции ВИР и в НПБ «Пушкинские и Павловские лаборатории ВИР», каждый образец был представлен тремя индивидуальными растениями и одной bulk-пробой. Выделение проводили с помощью модифицированного метода СТАВ-экстракции (Гавриленко и др., 2013; Антонова и др., 2020) и набором «Синтол Сорб-ГМО-Б». Всего было получено 96 препаратов ДНК. Затем для проверки качества полученных препаратов ДНК провели спектрофотометрический анализ и электрофорез геномной ДНК. По результатам анализа было выявлено, что оба использованных метода позволяют выделять ДНК сопоставимого качества, однако метод СТАВ оказался в 3,3 раза эффективнее, чем набор «Синтол Сорб-ГМО-Б» и в 4,5 раза

дешевле (СТАВ – 8,54 рублей, Синтол Сорб-ГМО-Б – 38,58 рублей в расчете на одну пробу). После чего методами ПЦР и рестрикционного анализа был проведен молекулярный скрининг на наличие маркеров гена устойчивости *Pm-0*. Условия ПЦР соответствовали рекомендованным авторами праймеров, рестрикцию осуществляли по протоколу фирмы-изготовителя при +37°C в течение ночи. Для маркера **NBS_S9_1495924** использовалась рестриктаза *HaeIII* с диагностическими фрагментами устойчивости ~759,134 п.н.; для маркера **S9_1539675** – *HpaII* с диагностическими фрагментами устойчивости ~520,340 п.н. Для визуализации полученных данных был проведен электрофорез в агарозном геле.

На основании полученных результатов была создана база, содержащая информацию об основных характеристиках сорта или гибрида, а также данные о наличии диагностических фрагментов маркеров. По результатам проведенного исследования было выявлено, что аллели, ассоциированные с устойчивостью к мучнистой росе, в гетерозиготном состоянии несут следующие сорта и гибриды: Anarantaine, Jasna F, Es 621 F₁, Tia F₁, Барокко. Оба аллеля устойчивости в гомозиготном состоянии содержит итальянская линия Марьян F₁. Также у гибрида Olanga F₂ в результате молекулярного скрининга был выявлен только основной маркер **NBS_S9_1495924**".

Работа выполнена при совместном сотрудничестве Всероссийского института генетических ресурсов растений имени Н.И. Вавилова (ВИР) и Образовательного Фонда «Талант и успех» на базе ФТ «Сириус».

The work was carried out with the support of the Educational Foundation "Talent and Success" on the basis of FT "Sirius".

QTL-АНАЛИЗ СОДЕРЖАНИЯ МИКРОЭЛЕМЕНТОВ В КАРТИРУЮЩИХ ПОПУЛЯЦИЯХ *BRASSICA RAPA* L., ВЫРАЩЕННЫХ В РЕГУЛИРУЕМЫХ УСЛОВИЯХ СВЕТОКУЛЬТУРЫ

К.В. Егорова, В.И. Дубовицкая, Н.В. Кочерина, Н.Г. Синявина,
Ю.В. Хомяков, Ю.В. Чесноков

Агрофизический научно-исследовательский институт, Санкт-Петербург, Россия
kseniia.v.egorova@gmail.com

QTL ANALYSIS OF MICRONUTRIENT CONTENT IN *BRASSICA RAPA* L. MAPPING POPULATIONS GROWN UNDER LIGHT CULTURE CONDITIONS

K.V. Egorova, V.I. Dubovitskaya, N.V. Kocherina, N.G. Sinyavina,
Yu.V. Homiyakov, Yu.V. Chesnokov

Agrophysical Research Institute, St. Petersburg, Russia, kseniia.v.egorova@gmail.com

Вид *Brassica rapa* L. – представитель рода *Brassica* L., отличающийся высоким ботаническим и агробиологическим разнообразием и являющийся источником ценных питательных веществ. Понимание механизмов генетического контроля хозяйственно ценных признаков необходимо как для установления фундаментальных основ функционирования генома этой культуры, так и для повышения эффективности традиционной селекции.

Микроэлементы необходимы для роста растений. Их содержание в растительных организмах выражается в тысячных и даже в сотых долях процента. При этом микроэлементы участвуют во всех метаболических и клеточных функциях. Нехватка микроэлементов может приводить к различным отклонениям в росте и развитии, а также к снижению урожайности.

Медь (Cu) – участвует в ферментативных окислительно-восстановительных реакциях, процессах обмена веществ и тканевом дыхании.

Железо (Fe) – является составной частью многих ферментов. Оно участвует в клеточном дыхании, иммунобиологических процессах и окислительно-восстановительных реакциях.

Марганец (Mn) – катализирует многие ферменты, ускоряет рост, обладает выраженной антиоксидантной активностью. Ионы Mn^{2+} стабилизируют структуру нуклеиновых кислот.

Цинк (Zn) – входит в состав многих ферментов, которые катализируют гидролиз пептидов, белков, некоторых эфиров и альдегидов, участвует в углеводном обмене. Цинк как структурный элемент биологических мембран играет важную роль в их интеграции.

Содержание микроэлементов – количественный признак, на проявление которого влияют факторы окружающей среды. Одним из методов, позволяющих осуществлять идентификацию генетических детерминант, определяющих проявление количественных признаков, является метод QTL (Quantitative Trait Loci) картирования с использованием картирующих популяций удвоенных гаплоидов (double haploid, DH).

Цель нашего исследования – идентифицировать локусы хромосом, определяющие содержание меди, железа, марганца и цинка у линий удвоенных гаплоидов картирующих популяций *B. rapa* при их выращивании с моделированием длинного (16 ч) и короткого (12 ч) светового дня в регулируемых условиях светокультуры. В работе использовались линии двух картирующих популяций удвоенных гаплоидов *B. rapa* из коллекции ВИР. Они были созданы в Университете Вагенингена (Нидерланды) на основе значительно различающихся генотипически и фенотипически образцов, относящихся к разным ботаническим подвидам.

- Популяция DH 30 – получена от скрещивания масличного желтого сарсона (YS-143) и японской корнеплодной репы (Kaigyoku Nakata, VT-115).
- Популяция DH 38 – получена от скрещивания масличного желтого сарсона (YS-143) и листовой/черешковой китайской капусты (Nai Bai Cai, PC-175).

Для исследования были отобраны 55 DH-линий, адаптированных к условиям светокультуры. Они были выращены на биополигоне ФГБНУ АФИ в условиях светокультуры с моделированием длинного (16 ч) короткого (12 ч) фотопериода. Для биохимического анализа отбирали листья растений на стадии перехода к цветению. Определение содержания микроэлементов проводилось общепринятым методом пламенной атомно-абсорбционной спектрофотометрии. QTL-анализ, установление наличия (кандидатов) QTL и их расположение в группах сцепления проводили с использованием компьютерной программы MAPQTL 6.0.

Установлена высокая вариабельность содержания исследуемых микроэлементов между линиями внутри каждой популяции. Выделены DH-линии, отличающиеся низким содержанием микроэлементов независимо от условий выращивания. Также идентифицированы линии, отличающиеся высоким содержанием отдельных микроэлементов. Выявлено общее повышение содержания микроэлементов в условиях 16-часового фотопериода. Такой эффект отмечен для обеих популяций. Общее увеличение содержания микроэлементов в условиях 16-часового фотопериода может быть объяснено тем, что более длительный фотопериод повышает активность ассимиляционных процессов, в ходе которых происходит поглощение и накопление микроэлементов.

На основе полученных данных содержания меди, железа, марганца и цинка у линий в обеих картирующих популяциях был проведен QTL-анализ. Подтверждается, что содержание каждого исследуемого микроэлемента определяется вкладом большого количества генов.

В популяции DH 30 содержание Zn определялось локусами в середине первой группы сцепления (R01) и в начале R02. Также выявлены два локуса в середине R03, локусы в середине R07 и R08. Идентифицировано девять QTL, определяющих содержание Mn: три локуса в начале и середине R03, один локус в середине R04, два – в начале R05 и R06. Кроме того, картированы локусы в середине R07 и R08 и в конце R09. Содержание Fe определялось локусами в середине R02, середине и конце R03, середине R05 и R06, начале R07 и середине R08. Картированы шесть локусов, контролирующих содержание Cu: в конце R02, в середине R03, два локуса в середине и конце R05, два локуса в середине R08.

В популяции DH 38 содержание Zn определялось следующими локусами на группах сцепления: в начале R01, в середине R03, двумя локусами в середине R06, а также локусом в середине R10. Содержание Mn контролировалось шестью локусами: один картирован в начале R06, четыре – в начале и середине R08, один – в середине R10. Локусы, контролирующие содержание Fe, идентифицированы в середине первой (R01), пятой (R05), восьмой (R08) и десятой (R10) групп сцепления. Содержание Cu определялось QTL в середине R02, начале R04, середине R07, начале R08, середине R09 и R10.

Всего идентифицировано 50 QTL для обеих популяций: 28 для DH 30 и 22 для DH 38. Также были выявлены молекулярные маркеры, генетически сцепленные с идентифицированными и картированными QTL, что в перспективе позволяет проводить молекулярно-генетический скрининг образцов коллекции и генетико-селекционного материала *B. rapa*.

Полученные результаты могут быть использованы для решения сложной задачи современной селекции – создания генотипов, линий и сортов сельскохозяйственных культур с повышенной биохимической ценностью, высоким содержанием эссенциальных микроэлементов и адаптированных к конкретным условиям выращивания.

СЕЛЕКЦИОННАЯ ЦЕННОСТЬ МИРОВОГО ГЕНОФОНДА *HORDEUM VULGARE* В УСЛОВИЯХ ВОЛГО-ВЯТСКОГО РЕГИОНА

И.Ю. Зайцева*, И.Н. Щенникова

Федеральный аграрный научный центр Северо-Востока имени Н.В. Рудницкого, Киров,
Россия, *irina-zajiceva30@rambler.ru

BREEDING VALUE OF THE GLOBAL GENETIC RESOURCES OF *HORDEUM VULGARE* UNDER THE CONDITIONS OF THE VOLGA-VYATKA REGION

I.Yu. Zaytseva*, I.N. Shchennikova

Federal Agrarian Research Center of the North-East named after N.V.Rudnitsky, Kirov, Russia,
*irina-zajiceva30@rambler.ru

В условиях Волго-Вятского региона первостепенной задачей является получение стабильных и высоких урожаев зерна ярового ячменя зернофуражного назначения. В настоящее время наиболее экономически эффективным средством получения высоких урожаев при минимальных затратах остается сорт. Успех создания новых сортов ярового ячменя в значительной степени предопределен исходным материалом и зависит от его генетического разнообразия. Образцы мировой коллекции обладают большим потенциалом хозяйственно полезных признаков и могут конкурировать с лучшими селекционными сортами. Изучение и оценка мирового генофонда ярового ячменя в условиях Волго-Вятского региона позволяет выделить адаптивные формы с комплексом или отдельными признаками и свойствами, которые отвечают задачам селекции, и в дальнейшем использовать их в селекционном процессе.

Экспериментальная работа проводилась в 2018–2021 гг. в ФГБНУ ФАНЦ Северо-Востока (г. Киров). Объектом исследований являлись 56 образцов ярового ячменя различного эколого-географического происхождения. Изучение коллекции проводилось в соответствии с «Методическими указаниями по изучению мировой коллекции ячменя и овса» (2012) и Международным классификатором СЭВ рода *Hordeum* L. (1983) на делянках площадью 2,7 м², повторность – 3-кратная. В качестве стандартов использовали сорт Белгородский 100. Статистическую обработку данных выполняли по методике Б.А. Доспехова (1985). Математический анализ материала осуществляли с использованием компьютерной программы Microsoft Office Excel и пакета селекционно-генетических программ «AGROS» версия 2.07.

В результате исследований выделены коллекционные образцы, отличающиеся высокой урожайностью: Sultan, Filippa, Одесский 115, Rodos, Казьминский, Рейдер и Докучаевский 10. А также выявлены генотипы, сочетающие высокую урожайность с высокими показателями некоторых элементов продуктивности: общая и продуктивная кустистость, длина и озерненность колоса, масса зерна с колоса и растения – Калькюль; длина колоса – Соорер, Bonita, Щедрый, Respect, Медикум 11, Медикум 176 и Омский голозерный; длина и озерненность колоса – Беар, Юкатан, Оленёк и 121-13; длина, плотность и озерненность колоса – Irbe (PR-3528) и 2033E; длина и озерненность колоса и масса зерна с главного колоса – Буян; плотность колоса – Куфаль, Fitzroy, 999-93; плотность и озерненность колоса, – Форвард; озерненность колоса и масса зерна с главного колоса – Липень.

Проблема повышения качества зерна ячменя является в Волго-Вятском регионе одной из наиболее актуальных и имеет первостепенное практическое значение. Основными показателями качества являются содержание белка, натура и выравненность. За период исследований наибольшее содержание белка отмечалось у генотипов Landrace, Местный (к-2929), Местный (к-2930) и Makbo. Достоверно превысили стандарт

по содержанию белка в зерне образцы Crusades, 752A, Filippa, NCL 95098, Landrace, Местный (к-5983), Местный (к-3506), Местный (к-2929), Местный (к-2930), Makbo, Rodos, Полярный 14 и Наран. Высокими показателями натуры, достоверно превышающими стандарт Белгородский 100, характеризовались сорта 752A, Ci 11084, Местный сорт из Афганистана (к-5983), Местный сорт из Индии (к-3506), Местные сорта из Китая (к-2929 и к-2930), Makbo, Наран, Щедрый, Куфаль и Адам. На уровне стандарта по показателю «выравненность» находились образцы Новичок, Crusades, Cooper, Sultan, Mentor, Danuta, Filippa, Bonita, NCL 95098, Нахбу, Одесский 115, Mie, Сябра, Полярный 14, Наран, Казьминский, Щедрый, Рейдер, Куфаль, Эвергрин, Калькюль, Mauritia, Issota, Respect, Fitzroy, 2033E, Бадьорий, Юкатан, Медикум 11, Медикум 125, Докучаевский 10, Буян, Оленёк, Липень, 999-93, Форвард, Форсаж.

Использование сортов, наиболее адаптированных по продолжительности вегетационного периода к условиям выращивания имеет большое значение для получения высоких урожаев. По результатам исследования все образцы были отнесены к одной группе – среднеспелые. Их вегетационный период составил от 72 до 78 дней. Наименьшим периодом от всходов до созревания среди изученных генотипов отличались Makbo, Форвард (72 дня), 752A, Landrace, Местный (к-5983), Местный (к-2929), Местный (к-2930), Полярный 14, Наран, Казьминский, Медикум 11, Медикум 125, Форсаж (73 дня).

Устойчивость к полеганию является не только одним из важнейших факторов, обеспечивающих получение высоких урожаев, но и существенно влияет на качество продукции. Для дальнейшей селекционной работы выделены устойчивые к полеганию образцы: Бионик, Crusades, Mentor, Orthega, Наран, Sultan, Filippa, Rodos, Одесский 115, Казьминский и Рейдер, Cooper, Bonita, Куфаль, Новичок, Нахбу, Mie и Щедрый, Danuta, NCL 95098, Сябра, Адам.

Защита растений от болезней является гарантом получения стабильно высоких урожаев ячменя, так как болезни нередко приводят к снижению продуктивности посевов, ухудшению качества зерна и посевных свойств семян. В процессе изучения выделены генотипы устойчивые к возбудителю пыльной головки в естественных условиях – Crusades, Filippa, Сябра и Эвергрин. Наименьшая степень поражения сетчатой пятнистостью отмечалась у генотипов Makbo, Местный (к-2929), 752A, темно-бурой пятнистостью – Landrace, Makbo, Местный (к-2929), Danuta, NCL 95098, полосатой пятнистостью – Новичок, Crusades, Landrace, Местный (к-5983), Местный (к-3506), Местный (к-2929), Местный (к-2930), Makbo, Щедрый, Эвергрин, Калькюль, Mauritia, Юкатан, Irbe (PR-3528), Докучаевский 10 и Форвард.

Одной из актуальных задач современной селекции является создание сортов, способных обеспечивать высокую и стабильную урожайность в неблагоприятных почвенно-климатических условиях произрастания и обладающих комплексной устойчивостью к стрессовым факторам (в частности, засуха и алюмоокислый стресс). В результате проведенных исследований выделены источники устойчивости к осмотическому стрессу на ранних этапах органогенеза: Bonita, Бионик, Cooper, Danuta, 752A, NCL 95098, местный сорт из Индии (к-3506), Одесский 115, Rodos, Казьминский, Полярный 14, Адам, Bear, Медикум 11, Irbe (PR-3528), Mie, 121-13 и C-105. В качестве исходного материала для создания сортов, устойчивых к алюмоокислому стрессу (по показателям ИДК и RSR) рекомендуется использовать коллекционные образцы: Бионик, NCL 95098, местный сорт из Китая (к-2930), Одесский 115, Сябра, Полярный 14, Новичок, Нахбу, Rodos, Наран, Казьминский, Рейдер, Адам, Bear, Калькюль, Mauritia, Issota, Respect, Медикум 11, Медикум 125, Медикум 176, Докучаевский 10, Форвард и 121-13.

В результате комплексной оценки коллекционного материала для дальнейшей селекционной работы в условиях Волго-Вятского региона выделены высокоурожайные, устойчивые к полеганию, болезням и действию абиотических стрессов образцы с высоким качеством зерна.

РАЗРАБОТКА МОДЕЛЬНОЙ СИСТЕМЫ САЙЛЕНСИНГА ГЕНОВ ДЛЯ *SOLANUM TUBEROSUM*

А.А. Иванов^{1,2}, Т.С. Голубева¹

¹ Федеральный исследовательский центр Институт цитологии и генетики Сибирского отделения Российской академии наук, Новосибирск, Россия, a.ivanov2@g.nsu.ru

² Новосибирский государственный университет, Новосибирск, Россия

DEVELOPMENT OF A MODEL GENE SILENCING SYSTEM FOR *SOLANUM TUBEROSUM*

A.A. Ivanov^{1,2}, T.S. Golubeva¹

¹ Institute of Cytology and Genetics, Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences, Novosibirsk, Russia, a.ivanov2@g.nsu.ru

² Novosibirsk State University, Novosibirsk, Russia

Существуют различные способы регуляции экспрессии генов, в том числе основанные на механизме РНК-интерференции. Как правило, она применяется посредством создания генетически-модифицированных организмов, экспрессирующих антисмысловые или самокомплементарные РНК к определенному гену-мишени. Однако такой путь нельзя использовать для повышения устойчивости растений к патогенам в силу законодательного запрета на выращивание ГМО в сельском хозяйстве в России и ряде стран Европы. По этой причине в последние годы активно разрабатываются другие способы индукции РНК-интерференции, основанные на применении экзогенных РНК. Методы РНК-интерференции также активно используются для защиты растений, высокий потенциал этого подхода показан в лабораторных условиях против насекомых-фитофагов, которые в лабораторных условиях показали высокий потенциал. Воздействие дцРНК на растения и другие таксоны (оомицеты, в частности) изучено в существенно меньшей степени, поэтому разработка различных моделей для исследования доставки и воздействия экзогенных дцРНК является весьма актуальной задачей.

В нашем исследовании предлагается разработка модели для оценки эффективности выключения генов с помощью РНК-интерференции для картофеля *Solanum tuberosum*, одной из важных культур в сельском хозяйстве РФ. В качестве мишени выбран ген фитоендесатуразы, сайленсинг которого имеет четкое фенотипическое проявление в виде побеления молодых листьев. Ген фитоендесатуразы успешно применяется в исследованиях генетического сайленсинга на таких модельных растительных объектах, как табак *Nicotiana benthamiana* и арабидопсис *Arabidopsis thaliana*. Предлагаемая модель может быть полезна для апробации разных способов доставки экзогенной РНК с целью регуляции генов стрессоустойчивости картофеля и его защиты от различных патогенов.

Для наработки экзогенной дцРНК, необходимой для сайленсинга гена фитоендесатуразы картофеля, мы использовали стандартную систему на основе штамма *E. coli* HT115, трансформированного плазмидой L4440. В настоящее время подтвержден синтез фрагментов дцРНК, соответствующих целевой последовательности, после наработки достаточного количества дцРНК будет проведен пилотный эксперимент по внекорневой обработке картофеля для выключения гена фитоендесатуразы, ожидается фенотипическое проявление сайленсинга в виде фотообесцвечивания листьев спустя 21–28 дней после обработки.

Исследование выполнено при финансовой поддержке Российского научного фонда (проект № 22-76-00037).

**TRITICUM BOEOTICUM BOISS. ИЗ КРЫМА В ГЕРБАРНОЙ КОЛЛЕКЦИИ
ВИР (WIR)**

В.Н. Ихнова, И.Г. Чухина

Федеральный исследовательский центр Всероссийский институт генетических ресурсов растений имени Н.И. Вавилова, Санкт-Петербург, Россия, v.ikhnova@vir.nw.ru

**TRITICUM BOEOTICUM BOISS. FROM THE CRIMEA IN THE HERBARIUM
COLLECTION OF VIR (WIR)**

V.N. Ikhnova, I.G. Chukhina

N.I. Vavilov All-Russian Institute of Plant Genetic Resources, St. Petersburg, Russia,
v.ikhnova@vir.nw.ru

По территории России проходит северная граница ареала средиземноморско-западноазиатского вида *Triticum boeoticum* Boiss. (пшеница беотийская, или дикая однозернянка). Основные ее местонахождения сосредоточены на Крымском полуострове. Из 61 разновидностей *T. boeoticum* для Крыма указаны 18 разновидностей, из которых 12 относятся к типовому подвиду (*T. boeoticum* subsp. *boeoticum*) и 6 к подвиду таудар (*T. boeoticum* subsp. *thaoudar* (Reut. ex Hausskn.) Grossh.) (Культурная флора СССР, 1979).

Проведена ревизия гербарной коллекции дикой пшеницы однозернянки в Гербарии культурных растений мира, их диких родичей и сорных растений (Гербарий ВИР, WIR). В настоящее время в основном фонде Гербария ВИР хранятся 65 образцов (66 гербарных листов) пшеницы беотийской, собранных в Крыму. Данные образцы относятся к девяти разновидностям типового подвида: *T. boeoticum* subsp. *boeoticum* var. *boeoticum*, *T. boeoticum* subsp. *boeoticum* var. *baydaricum* (Flaksb.) A. Filat. et Dorof., *T. boeoticum* subsp. *boeoticum* var. *helenae* (Flaksb.) A. Filat. et Dorof., *T. boeoticum* subsp. *boeoticum* var. *kovarskii* Dorof. et A. Filat., *T. boeoticum* subsp. *boeoticum* var. *larionovii* (Flaksb.) A. Filat. et Dorof., *T. boeoticum* subsp. *boeoticum* var. *pantchitchii* (Flaksb.) A. Filat. et Dorof., *T. boeoticum* subsp. *boeoticum* var. *pseudoboeticum* (Flaksb.) A. Filat. et Dorof., *T. boeoticum* subsp. *boeoticum* var. *pubescentinigrum* (Flaksb.) A. Filat. et Dorof., *T. boeoticum* subsp. *boeoticum* var. *symbolonense* (Flaksb.) A. Filat. et Dorof.; и к трем разновидностям подвида таудар: *T. boeoticum* subsp. *thaoudar* var. *balaclavicum* (Kovarsk.) A. Filat. et Dorof., *T. boeoticum* subsp. *thaoudar* var. *fusum* (Zhuk.) A. Filat. et Dorof., *T. boeoticum* subsp. *thaoudar* var. *luteinigrum* (Kovarsk.) A. Filat. et Dorof.

Среди гербарных образцов преобладают те, которые были собраны в 20–30-х гг. XX века (40 обр.). Основные места нахождения пшеницы беотийской – Байдарская долина и окрестности Балаклавы. Некоторые экземпляры (19 обр.) получены в результате гербаризации образцов коллекции пшениц, репродуцированных в 1920–1960-х гг. на опытных станциях в Гандже, Тифлисе, Детском селе и Краснодаре. У семи образцов даты сбора неизвестны. Самые ранние гербарные образцы были собраны Н.И. Вавиловым, К.А. Фляксбергером, А.Е. Коварским, Е.И. Барулиной. Большинство гербарных листов определены К.А. Фляксбергером и А.Е. Коварским. Также имеются недавние гербарные сборы сотрудников ВИР (2020 г.) из дикорастущих популяций Крымского полуострова.

В фонде номенклатурных типов Гербария ВИР хранятся аутентичные гербарные образцы, на основе которых описаны новые разновидности *T. boeoticum*, авторами базисимов которых являются К.А. Фляксбергер и А.Е. Коварский: *T. boeoticum* subsp. *boeoticum* var. *larionovii* (Flaksb.) A. Filat. et Dorof., *T. boeoticum* subsp. *boeoticum* var. *pantchitchii* (Flaksb.) A. Filat. et Dorof., *T. boeoticum* subsp. *thaoudar* var. *balaclavicum* (Kovarsk.) A. Filat. et Dorof., *T. boeoticum* subsp. *thaoudar* var. *luteinigrum* (Kovarsk.) A. Filat. et Dorof. В результате лектотипификации были выявлены синтипы и назначены лектотипы

(Филатенко, Чухина, 2013). В настоящее время продолжается инвентаризация фондов Гербария ВИР.

Работа выполнена в рамках проекта «Активизация сетевого сотрудничества генетических банков (Activated Genebank Network – AGENT): Исследование филогении и современного состояния сортов и видов важнейших злаковых культур (пшеницы, овса, ячменя) и их дикорастущих предков с использованием методов секвенирования следующего поколения и полногеномного поиска ассоциаций с целью выявления хозяйственно ценных признаков для целей селекции».

ISAP-МЕТОД ДЛЯ ИЗУЧЕНИЯ ГЕНЕТИЧЕСКОГО РАЗНООБРАЗИЯ МАЛИНЫ

А.М. Камнев, О.Ю. Антонова

Федеральный исследовательский центр Всероссийский институт генетических ресурсов растений имени Н.И. Вавилова, Санкт-Петербург, Россия, antonkamen@mail.ru

ISAP METHOD FOR STUDYING THE GENETIC DIVERSITY OF *RUBUS* L.

A.M. Kamnev, O.Yu. Antonova

N.I. Vavilov All-Russian Institute of Plant Genetic Resources, St. Petersburg, Russia, antonkamen@mail.ru

Среди ягодных культур в России традиционно особое место занимает малина. По данным ФАО ВОЗ, по объемам производства этой ягоды Россия занимает первое место в мире. В связи с этим актуальной остается проблема изучения генетического разнообразия выведенных к настоящему моменту сортов малины, а также природных популяций ее диких родичей. Исследования родословных сортов малины могут говорить о потенциально низком разнообразии: так, для выборки из 137 сортов было найдено всего 15 так называемых «основообразующих клонов», то есть 15 сортов, послуживших основой для всего изученного ассортимента генотипов (Dale et al., 1993). Невысокий уровень полиморфизма у сортов может создать определенные сложности при использовании молекулярных маркеров для генотипирования и анализа генетического разнообразия малины. Поэтому желательно привлекать в исследования высокополиморфные молекулярные маркеры, генерирующие у одного генотипа большое число фрагментов. В качестве таковых можно использовать маркеры, разработанные на основе знаний о последовательностях мобильных генетических элементов, в частности, ретротранспозонов. Среди ретротранспозонов выделяют элементы, обладающие длинными концевыми повторами (LTR-ретротранспозоны), и не имеющие таковых (LINE- и SINE-элементы). В последнее время возрастает интерес к поиску и изучению SINE-ретротранспозонов в геномах различных сельскохозяйственных культур: картофеля (Seibt et al., 2012), сахарного тростника (Schwichtenberg et al., 2015), а также дыни (Sormin et al., 2021). SINE-ретротранспозоны отличаются высокой гетерогенностью, но при этом имеют ряд общих черт в строении, что позволило разработать программный алгоритм, направленный на поиск таких элементов в полногеномных сиквенсах. Знание о последовательностях SINE-элементов позволяет разработать в их наиболее консервативных участках праймеры для амплификации ДНК-фрагментов между SINE-элементами. На этом принципе основан метод ISAP (Inter-SINE Amplified Polymorphism – Полиморфизм длин фрагментов между SINE-элементами).

Целью работы было проанализировать извлеченную из базы данных геномов розовых (GDR) полногеномную последовательность малины западной (*Rubus occidentalis* L.) на наличие и распределение по геному SINE-элементов. На основе полученных данных о наличии SINE-ретротранспозонов в исследуемом геноме разработать и апробировать праймеры, позволяющие амплифицировать последовательности между SINE-элементами (метод ISAP-маркирования).

Для поиска SINE-элементов в полногеномном сиквенсе *R. occidentalis* использовалась программа SINE-Finder, разработанная Wenke et al. (2011) и содержащая в себе алгоритм поиска последовательностей SINE-ретротранспозонов, основанный на общих чертах их строения. В дальнейшем с помощью алгоритма ClustalO найденные последовательности были выравнены и сгруппированы в кластеры. Для каждого кластера были выявлены консервативные участки, к которым с помощью программы Primer3Plus были подобраны праймеры для амплификации. Апробация разработанных маркеров проходила на тестовом блоке ДНК-проб, включавшем 15 сортов малины различного происхождения и 1 образец ежевики грузинской (*R. georgicus* Focke).

В полногеномном сиквенсе малины западной с помощью программы SINE-Finder было обнаружено 1920 SINE-элементов, расположенных как в прямой, так и в обратной ориентации. С помощью алгоритма ClustalO найденные SINE-элементы были выравнены, и по результатам выравнивания была построена дендрограмма, в которой выявленные ретротранспозоны образовали 10 кластеров (или семейств). Для последовательностей каждого кластера были определены наиболее консервативные районы, и разработаны специфичные к ним ISAP-праймеры. По результатам апробации на тестовом блоке из 16 ДНК-проб было отобрано 4 пары праймеров, стабильно генерирующих полиморфные фрагменты у образцов малины и ежевики. Среднее число бэндов на 1 образец составляло 4–8 фрагментов; среднее число фрагментов, генерируемое 1 маркером, составляло 8–12.

По итогу работы разработаны и апробированы первые праймеры, позволяющие генерировать и изучать полиморфизм между SINE-элементами (ISAP-метод) у различных образцов малины и ежевики. ISAP-метод зарекомендовал себя как достаточно высокополиморфный и обладающий высокой воспроизводимостью. Применение биоинформатических подходов позволяет находить в отсекунированных геномах ранее не описанные генетические элементы, в т. ч. и SINE-ретротранспозоны.

Список литературы

- Dale A., Moore P.P., McNicol R.J., Sjulín T.M., Burmistrov L.A. Genetic diversity of red raspberry varieties throughout the world // Journal of American Society for Horticultural Science. 1993. Vol. 118, iss. 1. P. 119–129.
- Reiche B., Kögler A., Morgenstern K., Brückner M., Weber B., Heitkam T., Seibt K.M., Tröber U., Meyer M., Wolf H., Schmidt T., Krabel D. Application of retrotransposon-based Inter-SINE Amplified Polymorphism (ISAP) markers for the differentiation of common poplar genotypes // The Canadian Journal of Forest Research. 2021. Vol. 51, No. 11. P. 1650–1663. DOI: 10.1139/cjfr-2020-0209
- Schwichtenberg K., Wenke T., Zakrzewski F., Seibt K.M., Minoche A., Dohm J.C., Weishaar B., Schmidt T. Diversification, evolution and methylation of short interspersed nuclear element families in sugar beet and related Amaranthaceae species // The Plant Journal. 2015. Vol. 85, iss. 2. P. 229–244. DOI: 10.1111/tpj.13103
- Sormin S.Y., Purwantoro A., Setiawan A.B., Teo C.H. Application of inter-SINE amplified polymorphism (ISAP) markers for genotyping of *Cucumis melo* accessions and its transferability in *Coleus* spp. // Biodiversitas. 2021. Vol. 22, No. 5. P. 2918–2929. DOI: 10.13057/biodiv/d220557
- Wenke T., Döbel T., Sörensen T.R., Junghans H., Weisshaar B., Schmidt T. Targeted identification of short interspersed nuclear element families shows their widespread existence and extreme heterogeneity in plant genomes // Plant Cell. 2011. Vol. 23. P. 3117–3128. DOI: 10.1105/tpc.111.088682

ИЗУЧЕНИЕ ГЕНЕТИЧЕСКИХ МЕХАНИЗМОВ, УЧАСТВУЮЩИХ В ФОРМИРОВАНИИ ПРОДОЛЖИТЕЛЬНОСТИ МЕЖФАЗНЫХ ПЕРИОДОВ МЯГКОЙ ПШЕНИЦЫ

А.А. Киселева^{1, 2*}, А.А. Бережная¹, А.И. Стасюк¹, Е.М. Тимонова^{1, 2},
А.Э. Коложвари^{1, 2}, И.Н. Леонова¹, Е.А. Салина^{1, 2}

¹ Федеральный исследовательский центр Институт цитологии и генетики Сибирского
отделения Российской академии наук, Новосибирск, Россия

² Федеральный исследовательский центр Институт цитологии и генетики Сибирского
отделения Российской академии наук, Курчатовский геномный центр ИЦиГ СО РАН,
Новосибирск, Россия, *antkiseleva@bionet.nsc.ru

STUDYING THE GENETIC MECHANISMS DETERMINING THE DURATION OF INTERPHASE PERIODS IN COMMON WHEAT

A.A. Kiseleva^{1, 2*}, A.A. Berezhnaya¹, A.I. Stasyuk¹, E.M. Timonova^{1, 2},
A.E. Kolozhvari^{1, 2}, I.N. Leonova¹, E.A. Salina^{1, 2}

¹ Institute of Cytology and Genetics, Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences,
Novosibirsk, Russia

² Institute of Cytology and Genetics, Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences,
Kurchatov Genomic Center of the Institute of Cytology and Genetics, Novosibirsk, Russia,
*antkiseleva@bionet.nsc.ru

Время от всходов до колошения и от колошения до созревания – важные сельскохозяйственные параметры. Оба эти признака участвуют в формировании урожайности, а также для адаптации растений к различным стрессовым воздействиям (высокая температура, засуха, фитопатогены).

Для изучения генетических факторов, определяющих время колошения, в данной работе мы использовали различные подходы. С использованием классических молекулярно-генетических методов мы идентифицировали и охарактеризовали новые аллели гена *Vrn-B3* и изучили взаимодействие между основными генами цветения (*Vrn-B3a*, *Ppd-D1* и *Vrn-1*). Для изучения генов с суточным паттерном экспрессии, которые тесно связаны с переходом растения к цветению, были применены различные биоинформатические подходы для анализа данных секвенирования РНК. Методы редактирования генома с помощью системы нРНК/Cas9 были использованы для создания генетической модели, необходимой для изучения регуляции экспрессии гена *Ppd-D1*. Эта работа в настоящее время продолжается, и мы предполагаем, что в результате будут получены растения с ранним колошением.

Для выявления новых локусов, влияющих на время созревания, мы использовали методы количественной генетики – полногеномный анализ ассоциаций и генетическое картирование с последующим выявлением QTL. Для первого метода мы использовали панель из 95 сортов яровой мягкой пшеницы, для которой была проведена оценка продолжительности фаз развития в течение десяти лет. Для генетического картирования использовали двуродительскую популяцию от скрещивания сортов с контрастными сроками созревания, которая была фенотипирована в течение двух лет. Обе панели были генотипированы с помощью чипа Illumina 25K WheatArray (TraitGenetics). Полученные результаты генотипирования и информация о фенотипе позволила нам использовать методы количественной генетики (GWAS и генетическое картирование с последующим анализом QTL) для выявления локусов, ассоциированных с продолжительностью фаз развития. Данный подход позволил выявить новые локусы (с помощью GWAS были выявлены 23 SNP и 10 локусов – с помощью QTL-анализа) и предложить гены-кандидаты для времени созревания. Из них наиболее значимыми и перспективными можно считать

ген *TraesCS7B02G391800* на 7В хромосоме, кодирующий транскрипционный фактор bZIP9, и ген *TraesCS6B02G462100* (*TaTCP21*), расположенный на 6В хромосоме, который также кодирует фактор транскрипции и, предположительно, влияет на время созревания путем регуляции гена *Ppd-1*, который является не только важным фактором времени колошения, но и также может влиять на время созревания.

Таким образом, в своей работе мы использовали различные методы, которые дополняют друг друга: от общих методов молекулярной биологии, высокопроизводительного генотипирования и секвенирования с последующим биоинформатическим анализом до новейших подходов, включая редактирование генома. Мы считаем, что такой комплексный подход дает возможность изучать функции и регуляцию генов и, в итоге, нужным образом влиять на фенотип растений.

Работа выполнена при финансовой поддержке Российского научного фонда, проект № 21-76-3000.

СОЗДАНИЕ И ПРОВЕРКА ЭФФЕКТИВНОСТИ КОНСТРУКЦИИ ДЛЯ НОКАУТА ГЕНА *MLO7* НА ОСНОВЕ СИСТЕМЫ CRISRP/CAS У ОТЕЧЕСТВЕННЫХ СОРТОВ ВИНОГРАДА

Т.В. Коваленко¹, Е.К. Хлесткина^{1,2}, Н.Г. Тихонова^{1,2}, Ю.В. Ухатова^{1,2}

¹ Научно-технологический университет «Сириус», Краснодарский край, Россия

² Федеральный исследовательский центр Всероссийский институт генетических ресурсов растений имени Н.И. Вавилова, Санкт-Петербург, Россия, ddfvkt@gmail.com

DEVELOPMENT AND EFFECTIVENESS VERIFICATION OF THE *MLO7* GENE KNOCKOUT CONSTRUCTION BASED ON THE CRISRP/CAS SYSTEM IN GRAPE CULTIVARS

T.V. Kovalenko¹, E.K. Khlestkina^{1,2}, N.G. Tikhonova^{1,2}, Yu.V. Ukhatova^{1,2}

¹ Sirius University of Science and Technology, Krasnodar Territory, Russia

² N.I. Vavilov All-Russian Institute of Plant Genetic Resources, St. Petersburg, Russia, ddfvkt@gmail.com

Мучнистая роса – одна из наиболее опасных болезней винограда, вызывающая значительные потери урожая распространенных восприимчивых сортов по всему миру. Появление методик генетического редактирования позволяет получать растения, устойчивые к данному заболеванию. В настоящее время известны основные гены-мишени, которые обуславливают восприимчивость винограда к мучнистой росе. В связи с созданием дублетных коллекций винограда и развитием методик геномного редактирования существует необходимость в подборе наиболее оптимального состава среды, позволяющего получать при введении растений винограда в культуру *in vitro* максимальный коэффициент каллусообразования и регенерации. Это позволит получить необходимое количество материала для редактирования и последующей регенерации растений с нокаутом целевого гена – *MLO7* с целью повышения устойчивости к мучнистой росе.

Целью работы является проведение *in silico*-конструирования плазмиды для нокаута гена *MLO7* для дальнейшего редактирования отечественных сортов винограда с целью придания им устойчивости к мучнистой росе с использованием системы CRISRP/Cas.

Материалом для работы были образцы автохтонных сортов винограда из коллекции ВИР: ‘Ахтамар’, ‘Кайтаги’, которые ранее показали высокую способность к регенерации.

В результате проведенной работы проведено *in silico*-конструирование плазмиды для нокаута гена *MLO7* в программе SnapGene. GuideRNA направлена на первый экзон гена-интереса. Встройка guideRNA осуществляется в плазмиду pKSE401 методом GoldenGate с использованием рестриктазы BsaI. На следующих этапах будут получены растения винограда с нокаутированным геном *MLO7* с использованием агробактериальной трансформации.

ЗАВИСИМОСТЬ ЗНАЧЕНИЙ КОЭФФИЦИЕНТА ФОТОПЕРИОДИЧЕСКОЙ ЧУВСТВИТЕЛЬНОСТИ ($K_{фпч}$) СОИ ОТ ПОГОДНО- КЛИМАТИЧЕСКИХ УСЛОВИЙ НА СЕВЕРО-ЗАПАДЕ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Е.С. Коршикова, И.В. Сеферова, И.И. Матвиенко, З.А. Щедрина, Ю.В. Ухатова
Федеральный исследовательский центр Всероссийский институт генетических ресурсов
растений имени Н.И. Вавилова, Санкт-Петербург, Россия, e.korshikova@vir.nw.ru

DEPENDENCE OF THE SOYBEAN PHOTOPERIOD SENSITIVITY COEFFICIENT ON WEATHER CONDITIONS IN THE NORTHWEST OF RUSSIA

E.S. Korshikova, I.V. Seferova, I.I. Matvienko, Z.A. Shchedrina, Yu.V. Ukhatova
N.I. Vavilov All-Russian Institute of Plant Genetic Resources, St. Petersburg, Russia,
e.korshikova@vir.nw.ru

Соя *Glycine max* (L.) Мерт. – уникальная продовольственная, кормовая техническая культура, возделываемая человеком с древних времен. Из-за чувствительности сои к температуре и световому периоду ее географический диапазон выращивания ограничен, поэтому изучение влияния фотопериодизма на индукцию цветения имеет большое значение для продвижения ее в северные широты (Seferova, Vishnyakova, 2018).

Цель работы – провести оценку фотопериодической чувствительности образцов сои разных групп по срокам созревания и оценить межгодовую изменчивость коэффициента фотопериодической чувствительности ($K_{фпч}$).

В исследовании использовали 10 сортов сои из коллекции ВИР: 5 скороспелых с низкой фотопериодической чувствительностью – Fiskeby V (Швеция), Светлая, Касатка (Россия), KG-20 (Канада), Aldana (Польша), 3 среднеспелых – Erps (США), Л.9084 (Молдова), Novosadska Br9 (Сербия) и 2 позднеспелых – Т 243 (США), 351-21 (Южная Корея). Образцы были подобраны по данным И.В. Сеферовой (Seferova, 2016) и каталогам ВИР (выпуски 782, 855, 905). Опыты проводили в 2021 и 2022 в фотопериодических павильонах ВИР в г. Пушкин Ленинградской обл. (59°42' с. ш., 29°18' в. д.). Опыт проводили в условиях естественного дня (ЕД), с максимумом 18 ч 52 мин и короткого 12 ч дня (КД). КД создавали путем закатывания вагонеток вечером в темный павильон, контрольный вариант (ЕД) закатывали в светлый павильон. Растения выращивали на дерново-подзолистой почве в пластиковых 5-литровых сосудах – по пять растений на сосуд. Для каждого образца выращивалось по 10 растений.

Начало цветения отмечали по первому открывшемуся цветку для каждого растения. В анализ были включены средние по 10 растениям показатели. Реакцию на фотопериодическую чувствительность определяли как разницу между периодом «всходы – цветение» на ЕД и КД. Фотопериодическую чувствительность (ФПЧ) устанавливали по величине коэффициента ФПЧ ($K_{фпч}$), вычисляемого по формуле $K_{фпч} = T_1/T_2$, где T_1 и T_2 – продолжительность периода «всходы – цветение» у растений, выращенных, соответственно, в условиях ЕД и КД (Кошкин, 2012).

В 2021 г среднемесячная температура составляла: в мае 11,2°C; июне – 19,7°C; июле – 21,3°C; августе – 16,3°C. Сумма осадков: в мае – 97,0 мм; июне – 10,7 мм; июле – 5,7 мм; августе – 122,5 мм. В 2022 г среднемесячная температура составляла: в мае 8,5°C; июне – 16,0°C; июле – 17,6°C; августе – 17,6°C. Сумма осадков: в мае – 4,3 мм; июне – 34,1 мм; июле – 65,7 мм; августе – 138,5 мм. Данные приводятся по метеостанции ВИР в г. Пушкине.

Всходы появлялись 3–6 июня. Продолжительность периода «всходы – цветение» образцов на ЕД и на КД в 2021 и в 2022 гг. составляла, соответственно: Fiskeby V ($T_1 = 31,9$ дней, $T_2 = 25,9$ дней и $T_1 = 37,8$, $T_2 = 35,5$), Светлая ($T_1 = 24,4$, $T_2 = 20,9$

и T1 = 32,3, T2 = 31,0), Касатка (T1 = 24,5, T2 = 20,6 и T1 = 30,5, T2 = 29,0), KG-20 (T1 = 31,9, T2 = 25,9 и T1 = 37,8, T2 = 33,5), Aldana (T1 = 27,7, T2 = 21,5 и T1 = 32,4, T2 = 31,9), Epps (T1 = 94,3, T2 = 28,1 и T1 = 82,3, T2 = 30,4), Л.9084 (T1 = 67,7, T2 = 24,3 и T1 = 65,6, T2 = 30,6), Novosadska Br9 (T1 = 77,2, T2 = 26,3 и T1 = 67,5, T2 = 31,1), T-243 (T1 = 87,3, T2 = 31,0 и T1 = 81,1, T2 = 36,2), 351-21 (T1 = 101,9, T2 = 26,5 и T1 = 88,0, T2 = 31,5).

На КД все образцы зацветали до 12 июля. До этой даты зацветали и скороспелые образцы на ЕД. Среднеспелые и позднеспелые образцы на ЕД зацветали с 10 августа и до середины сентября. Образцы, зацветшие в первую половину лета, имели более короткий период «всходы – цветение» в 2021 г., а зацветшие во вторую половину лета и в начале осени – в 2022 г. Это можно объяснить тем, что в начале лета более высокая температура была в 2021 г, а во второй половине лета в 2022 г.

Образцы имели следующие значения $K_{фпч}$ в 2021 и в 2022 гг., соответственно: Fiskeby V (1,24 и 1,05), Светлая (1,16 и 1,04), Касатка (1,19 и 1,05), KG-20 (1,23 и 1,13), Aldana (1,29 и 1,02), Epps (3,36 и 2,71, Л. 9084 (2,79 и 2,14), Novocadska Br9 (2,94 и 2,17), T-243 (2,82 и 2,41); 351-21 (3,85 и 2,79). Самый низкий выявленный $K_{фпч}$ был 1,02, а самый высокий – 3,85. Более высокие значения $K_{фпч}$ у всех образцов были в 2021 г. Разница значений в 2021 и 2022 гг. $K_{фпч}$ у скороспелых образцов составляла от 0,10 до 0,27, а у среднеспелых и позднеспелых – от 0,45 до 1,06. Для скороспелых образцов в 2022 наблюдалась небольшая задержка начала цветения по сравнению с 2021 г. При этом даты начала цветения на ЕД и КД сблизились, что определило уменьшение $K_{фпч}$. Для среднеспелых и позднеспелых образцов разница значений $K_{фпч}$ объясняется значительно более поздним началом цветения в 2021 г., при не большом различии в сроках начала цветения на КД.

В 2021 и 2022 гг. в условиях северо-запада Российской Федерации на естественном длинном световом дне изученные скороспелые низкочувствительные к длине дня образцы сои зацветали на 24,3–37,8 день от появления всходов, а среднеспелые и позднеспелые высокочувствительные образцы на 65,6–101,9 день. На коротком дне все образцы зацветали за 20,6–36,2 дней. Разница значений 2021 и 2022 гг. $K_{фпч}$ у скороспелых образцов составляла от 0,10 до 0,27, а у среднеспелых и позднеспелых – от 0,45 до 1,06. Межгодовые различия значений у $K_{фпч}$ у скороспелых образцов составляли от 0,10 до 0,27, а у среднеспелых и позднеспелых – от 0,45 до 1,06.

Межгодовые различия $K_{фпч}$ в значительной степени определяются различиями в изменчивости продолжительности периода от всходов до цветения на ЕД в зависимости от температурных условий года на момент начала цветения. Для скороспелых рано зацветающих образцов со слабой ФПЧ небольшая задержка начала цветения в год с более прохладными условиями привела к сближению сроков начала цветения на ЕД и КД и уменьшению $K_{фпч}$. Для позднеспелых поздно зацветающих образцов выявлена заметная разница значений $K_{фпч}$ с большими значениями в год, в который образцы на ЕД зацветали в более поздние сроки.

ФОРМИРОВАНИЕ ЭЛЕМЕНТОВ УРОЖАЙНОСТИ ОВСА ОТЕЧЕСТВЕННОЙ СЕЛЕКЦИИ ПРИ КОНТРАСТНЫХ ПОГОДНЫХ УСЛОВИЯХ

Д.А. Кочнева, А.В. Любимова, Д.И. Еремин

Федеральный исследовательский центр «Тюменский научный центр Сибирского отделения Российской академии наук», Научно-исследовательский институт сельского хозяйства Северного Зауралья – филиал ТюмНЦ СО РАН, Тюмень, Россия, dar.kochneva6@gmail.com

FORMATION OF YIELD COMPONENTS IN DOMESTICALLY BRED OATS UNDER FAVORABLE WEATHER CONDITIONS

D.A. Kochneva, A.V. Lyubimova, D.I. Eremin

Federal Research Centre “The Tyumen Scientific Centre of the Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences”, Research institute of agriculture for Northern Trans-Ural, branch of the Tyumen Scientific Research Center SB RAS, Tyumen, Russia, dar.kochneva6@gmail.com

Благодаря высоким кормовым качествам зерна и вегетативной массы овес получил широкое распространение и интерес среди отечественных селекционеров. Селекцией овса занимаются во многих областях России, в том числе и в Тюменской. Территория Западной Сибири перспективна для увеличения площадей сельскохозяйственных угодий. Но проблемой являются климатические условия, которые характеризуются сильной изменчивостью. Поэтому для возделывания овса на территории Тюменской области необходимо подбирать сорта с наиболее высокой экологической пластичностью (Любимова, Иваненко, 2021; Иванова и др., 2017). Целью наших исследований было изучение формирования элементов урожайности овса отечественной селекции при контрастных погодных условиях на территории Тюменской области.

Исследования были проведены в 2021 и 2022 г. в лесостепной зоне Зауралья. Для изучения были выбраны сорта Тюменской области (‘Отрада’), Краснодарского края (‘Ассоль’), Иркутской области (‘Егорыч’), Республики Бурятии (‘Онохойский А-547’), Кировской области (‘Червонный’), Ульяновской области (‘Тройка’), Ленинградской области (‘Борси’), Омской области (‘Иртыш 23’).

Вегетационные периоды 2021 и 2022 г. были контрастными по температурному режиму и увлажнению. 2021 г. характеризовался очень жаркой погодой с очень сильным дефицитом атмосферных осадков. Запасы продуктивной влаги в корнеобитаемой зоне были минимальны. Во второй половине вегетации овса температура воздуха достигала +30...+42 градусов по Цельсию. Урожайность изучаемых сортов овса в коллекции не превышала 1,6 т/га. Начало вегетационного периода в 2022 г. характеризовалось пониженной температурой и обильными осадками. Посев коллекции овса проводили при достаточном увлажнении пахотного слоя. Сразу после посевных работ температура воздуха незначительно повысилась с сохранением дождливой погоды. Цветение овса проходило при относительно жаркой в дневные часы погоде, с понижением в ночные периоды. Осадки были регулярными и овес не испытывал дефицита влаги вплоть до уборочных работ. Урожайность отдельных сортов в коллекции достигала 3,5 т/га.

При изучении элементов структуры урожая овса отечественной селекции рассматривали массу 1000 зерен и массу зерна с одной метелки. Максимальное значение массы 1000 зерен в 2021 отмечено у сортов ‘Иртыш 23’ (37,3 г) и ‘Егорыч’ (35,3 г). Сорт ‘Отрада’ сформировал более мелкое зерно (27,0 г). В 2022 году максимальные значения также были отмечены у сортов ‘Егорыч’ (43,8 г), ‘Иртыш 23’ (43,1 г) и ‘Отрада’ (42 г). По массе зерна с 1 растения в 2021 и 2022 гг. наилучший показатель был выявлен у сорта ‘Иртыш 23’: в 2021 г. – 4,8 г, а в 2022 г. – 8,6 г. У сорта ‘Отрада’ показатели в 2021 г. были в 1,5 раза ниже (3,2 г), а в 2022 г. практически в 2 раза ниже (4,8 г).

В ходе дисперсионного анализа выявлено, что формирование урожайности овса отечественной селекции на 38% зависит от генотипа (сорта); на 34% – от погодных условий вегетационного периода; на 21% от сортовой реакции на погоду и на 7% – от других источников.

В ходе исследования установлено, что сорта из других регионов России могут давать хороший урожай на территории Тюменской области и в последующем их можно использовать как для возделывания на данной территории, так и в качестве селекционного материала.

Работа выполнена по государственному заданию № 122011300103-0 и при поддержке Западно-Сибирского межрегионального научно-образовательного центра мирового уровня.

Список литературы

Иванова Ю.С., Фомина М.Н., Лоскутов И.Г. Исходный материал для создания высокобелковых сортов овса в зоне Северного Зауралья // Труды по прикладной ботанике, генетике и селекции. 2017. Т. 178, вып. 2. С. 38–47. DOI: 10.30901/2227-8834-2017-2-38-47. EDN WSLQXD.

Любимова А.В., Иваненко А.С. Овес в Тюменской области. Тюмень, 2021. 172 с. EDN ARNENM.

УСТЬИЦА И МИНЕРАЛЬНЫЕ ВКЛЮЧЕНИЯ ЛИСТОВЫХ ПЛАСТИН КУЛЬТУРНЫХ ВИДОВ ОВСА (*AVENA L.*)

Ю.И. Кузьмина

Федеральный научный селекционно-технологический центр садоводства и
питомниководства, Москва, Россия, ulvargach@gmail.com

LEAF STOMATA AND MINERAL INCLUSIONS IN CULTIVATED OAT SPECIES (*AVENA L.*)

J.I. Kuzmina

Federal Horticultural Center for Breeding, Agrotechnology and Nursery, Moscow, Russia,
ulvargach@gmail.com

Одним из важных органов жизнедеятельности однодольных и двудольных растений является лист. В его основные функции входит фотосинтез и испарение воды. Как и другие органы живого организма, лист состоит из различных типов тканей и имеет клеточное строение. Важной частью листа являются устьица – высокоспециализированное образование эпидермиса растений, состоящее из двух замыкающих клеток и устьичной щели (апертуры) между ними. От их величины и количества напрямую зависит газообмен и транспирация растений. Помимо этого, в клетках образуются кристаллы – отложения минеральных веществ, состоящие главным образом из щавелевокислого Са, кремнезема – SiO_2 , реже – белков, каротинов и др. и имеющие различную форму. По наличию тех или иных включений, их форме и распределению можно определить не только роды и семейства, но также виды растений, поэтому они часто служат важным диагностическим признаком для систематики растений.

Для изучения были взяты флаговые листовые пластины гексаплоидных и диплоидных культурных видов овса: посевного (*Avena sativa* L.), византийского (*A. byzantina* K. Koch); абиссинского (*A. abyssinaca* Hochst.) и песчаного (*A. strigosa* Schreb.). Методом растровой электронной микроскопии на аналитическом микроскопе JEOL JSM 6010 LA на всех изучаемых объектах были отмечены частота встречаемости и длина устьиц, а также площадь минеральных включений, расположенных по линии вдоль проводящих пучков на адаксиальной и абаксиальной сторонах флаговых листовых пластин. В зависимости от вида и формы растений, распределение и величина устьиц, а также число включений на листовой пластине меняется.

Так, на гексаплоидных видах овса, устьица и минеральные включения расположены в строгой последовательности, они более крупные и единичные.

Устьица и включения на листовых пластинах культурных диплоидных видов меньше по размеру, их расположение также имеет структуру, но более хаотичную, причем как для овса песчаного, так и для абиссинского, расположение данных структур отличалось.

Для определения химического состава минеральных включений растений овса методом рентгеновской энергодисперсионной спектроскопии было выявлено содержание следующих элементов: С, О, Са, Zn, Mg, Al, P, S, K, Si, с преобладанием О, С и Si. Таким образом, установлено, что минеральные включения овса являются преимущественно кремнеземами. Согласно литературным данным, кремний оказывает защитное действие против широкого спектра биотических (вредители, грибковые и бактериальные болезни) и абиотических (засуха, высокие и низкие температуры, полегание, засоление, УФ-излучение и пр.) стрессов.

Исследования выполнены в рамках государственного задания № 0432-2021-0003 «Сохранить, пополнить, изучить генетические коллекции сельскохозяйственных растений и создать репозитории плодовых и ягодных культур, заложенные свободными от вредоносных вирусов растениями».

ПРОДУКТИВНОСТЬ ОВСА ТЮМЕНСКОЙ СЕЛЕКЦИИ ПРИ КОНТРАСТНЫХ ПОГОДНЫХ УСЛОВИЯХ В ЛЕСОСТЕПИ С ПРИМЕНЕНИЕМ ВОЗРАСТАЮЩИХ ДОЗ МИНЕРАЛЬНЫХ УДОБРЕНИЙ

В.С. Мамаева^{1*}, Д.И. Еремин¹, М.Н. Моисеева²

¹ Федеральный исследовательский центр «Тюменский научный центр Сибирского отделения Российской академии наук», Научно-исследовательский институт сельского хозяйства Северного Зауралья – филиал ТюмНЦ СО РАН, Тюмень, Россия,
*mamaeva.vs.b23@ati.gausz.ru

² Государственный аграрный университет Северного Зауралья, Тюмень, Россия

PRODUCTIVITY OF OATS BRED IN TYUMEN UNDER CONTRASTING WEATHER CONDITIONS OF FOREST STEPPE WITH THE USE OF INCREASING DOSES OF MINERAL FERTILIZERS

V.S. Mamaeva^{1*}, D.I. Eremin¹, M.N. Moiseeva²

¹ Federal Research Centre “The Tyumen Scientific Centre of the Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences”, Research institute of agriculture for Northern Trans-Ural, branch of the Tyumen Scientific Research Center SB RAS, , Tyumen, Russia,
*mamaeva.vs.b23@ati.gausz.ru

² State Agrarian University of the Northern Trans-Urals, Tyumen, Russia

Для стабилизации сельского хозяйства в Западной Сибири необходим подбор зерновых культур, способных формировать урожай при различных погодных условиях вегетационного периода. Правильный выбор культуры и сорта, а также уровня минерального питания обеспечивает стабильный сбор зерна (Любимова, 2021; Лоскутов и др., 2021).

Целью исследования – изучение урожайности овса Тюменской селекции на различных агрофонах при контрастных погодных условиях. Объектами исследования взяты сорта овса: ‘Талисман’, ‘Отрада’, ‘Фома’, которые выращивали при внесении удобрений: N₆₀P₂₀ кг/га (средний уровень агрофона); N₉₀P₄₀ (повышенный); N₁₅₀P₆₀ (высокий) и N₂₀₀P₈₀ (очень высокий). В качестве контроля использовали вариант без минеральных удобрений, что соответствовало естественному уровню агрофона. Опыты проводили в 2020 и 2021 году, которые сильно отличались друг от друга по температурному режиму и увлажнению. Погода вегетационного периода 2020 года характеризовалась незначительным превышением температуры и небольшим дефицитом осадков; 2021 год был жарким и остро засушливым.

Урожайность изучаемых сортов в 2020 году на контроле достоверно отличалась и была в диапазоне от 1,6 т/га (‘Талисман’) до 2,13 т/га (‘Отрада’). Внесение возрастающих доз удобрений обеспечило формирование урожаев до 6,0 т/га сортов ‘Отрада’ и ‘Фома’. Сорт ‘Талисман’ не смог в благоприятных условиях и при достаточном уровне минерального питания сформировать урожай выше 5,0 т/га. В условиях 2021 года, который характеризовался неудовлетворительной влагообеспеченностью с мая по сентябрь и превышением температур на 50–90% относительно среднееголетних значений, урожайность изучаемых сортов овса была существенно ниже. На контроле она была не выше 1,6 т/га у сортов ‘Отрада’ и ‘Фома’, тогда как у ‘Талисмана’ – 1,2 т/га. Увеличение доз минеральных удобрений не оказало существенного эффекта – урожайность на очень высоком агрофоне была равна 2,3–3,4 т/га. Однако и при таких неблагоприятных погодных условиях были видны сортовые особенности овса. ‘Талисман’ оказался менее устойчивым к жаркой и сухой погоде.

Дисперсионный анализ показал, что урожайность овса тюменской селекции на 50% зависит от генотипа (сорта); на 33% – от погодных условий и на 14% от сортовой реакции

на погоду. Роль минеральных удобрений при дефиците почвенной влаги минимальна – доля влияния не превышает 4% при $F_{\text{факт}} > F_{\text{теор}}$. Это дает нам основание считать, что в условиях Западной Сибири необходимо отдавать предпочтение сортам местной селекции, которые изначально обладают экологической пластичностью и стабильностью формирования урожая в контрастных погодных условиях.

Работа выполнена по государственному заданию № 122011300103-0 и при поддержке Западно-Сибирского межрегионального научно-образовательного центра мирового уровня.

Список литературы

Лоскутов И.Г., Гнутиков А.А., Блинова Е.В., Родионов А.В. Происхождение и ресурсный потенциал диких и культурных видов рода овес (*Avena* L.) // Генетика. 2021. Т. 57, № 6. С. 632–652. DOI: 10.31857/S0016675821060060. EDN RYVTJG.

Любимова А.В., Иваненко А.С. Овес в Тюменской области. Тюмень, 2021. 172 с. EDN ARNENM.

ВВЕДЕНИЕ СВЕКЛЫ СТОЛОВОЙ В КУЛЬТУРУ *IN VITRO*

А.С. Михайлова¹, Д.В. Соколова¹, В.С. Попов¹, Г.А. Кащенко², Н.А. Швачко¹

¹ Федеральный исследовательский центр Всероссийский институт генетических ресурсов растений имени Н.И. Вавилова, Санкт-Петербург, Россия, a.mikhailova@vir.nw.ru

² Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К.А. Тимирязева, Москва, Россия

INTRODUCTION OF TABLE BEET INTO *IN VITRO* CULTURE

A.S. Mikhailova¹, D.V. Sokolova¹, V.S. Popov¹, G.A. Kashchenko², N.A. Shvachko¹

¹ N.I. Vavilov All-Russian Institute of Plant Genetic Resources, St. Petersburg, Russia, a.mikhailova@vir.nw.ru

² Russian State Agrarian University – Moscow Timiryazev Agricultural Academy, Moscow, Russia

Свекла столовая (*Beta vulgaris* L. subsp. *vulgaris* var. *conditiva* Alef.) имеет важное сельскохозяйственное значение. Она повсеместно культивируется как популярная овощная культура. Кроме того, признана рекордсменом по содержанию природных пигментов бетанинов, которые являются отличной альтернативой искусственно синтезированным красителям для пищевой промышленности. Введение растений в культуру *in vitro* – один из важнейших подходов в биотехнологии, обеспечивающий не только сохранение биоразнообразия, но и позволяющий изучать регенерацию тканей и органов, а также разрабатывать способы оздоровления культур. В рамках данной работы были апробированы условия стерилизации, подобраны оптимальные питательные среды для поддержания образцов свеклы столовой в культуре *in vitro*, включая каллусообразование и органогенез. Асептические условия введения обеспечивались использованием концентрированной азотной кислоты и разбавленного раствора гипохлорита натрия. Работы по введению и пересадке культурных тканей проводились в стерильном ламинар-боксе, с предварительно автоклавированной посудой и фильтровальной бумагой. Питательные среды подготавливались на основе коммерчески доступной смеси Мурасиге-Скуга, содержащей необходимое количество макро- и микроэлементов. Гормональный состав сред варьировался с целью подбора наиболее оптимальной комбинации для решения поставленных задач. Растительный материал поддерживался на световых установках при температуре +25°C и 12-часовом световом дне. Исследуемые генотипы показали активное каллусообразование на средах: 0,2 мг/л 6-БАП + 0,1 мг/л Гиббереллин (1МС) и 0,125 мг/л 6-БАП + 0,125 мг/л Кинетин + 0,125 мг/л Гиббереллин (1МС). У образца к-3957 («Эфиопка», Россия) наблюдали дифференциацию каллусных тканей с образованием побегов. В отсутствие света у некоторых генотипов на среде 0,1 мг/л 6-БАП + 0,1 мг/л Кинетин + 0,1 мг/л Гиббереллин (0,5МС) проявились признаки ризогенеза – на покровной ткани корня образовались корневые волоски. В настоящее время для изучения в культуре *in vitro* вводятся образцы, контрастные по окраске мякоти (желтая: к-3880, «Болдор»; белая: к-3881 «Аваланч», Линия 1 «Снежок»). Результаты данного исследования могут быть полезны в дальнейшем при получении новых форм с помощью подходов генетического редактирования.

Работа выполнена при финансовой поддержке проекта РФН № 21-66-00012 «Создание с использованием генетических технологий и изучение новых линий растений, адаптированных к меняющимся условиям окружающей среды, обладающих повышенной продуктивностью и диетической ценностью».

ВСЕРОССИЙСКИЙ АТЛАС ПОЧВЕННЫХ МИКРООРГАНИЗМОВ – ПОИСК БАКТЕРИЙ, СТИМУЛИРУЮЩИХ РОСТ РАСТЕНИЙ

А.П. Парамоник^{1,2}, М.Р. Галямова¹, С.Е. Седых^{1,2}

¹ Новосибирский национальный исследовательский государственный университет,
Новосибирск, Россия, paramonik.ap@gmail.com

² Институт химической биологии и фундаментальной медицины Сибирского отделения
Российской академии наук, Новосибирск, Россия

ALL-RUSSIAN ATLAS OF SOIL MICROORGANISMS: SEARCH FOR BACTERIA PROMOTING PLANT GROWTH

A.P. Paramonik^{1,2}, M.R. Galyamova¹, S.E. Sedykh^{1,2}

¹ Novosibirsk State University, Novosibirsk, Russia, paramonik.ap@gmail.com

² Institute of Chemical Biology and Fundamental Medicine, Siberian Branch of the Russian
Academy of Sciences, Novosibirsk, Russia

Одно из перспективных направлений для развития сельского хозяйства – это создание биоудобрений на основе бактерий, стимулирующих рост растений. Такие бактерии обитают вокруг корней растений, они секретируют химические вещества, которые влияют на рост и развитие растений различными способами: помогают в приобретении ресурсов (азота, фосфора и минералов), секретируют растительные гормоны, снижают ингибирующее действие различных патогенов. Для создания биоудобрений на основе консорциумов бактерий, стимулирующих рост растений, необходимо собрать коллекцию таких микроорганизмов и определить наиболее эффективных из них.

Сотрудниками ИХБФМ СО РАН, НГУ и Фонда «Поддержка проектов в области образования» в 2019 году организован проект «Охотники за микробами», в котором школьники из разных регионов России под руководством школьных учителей анализируют азотфиксирующие почвенные бактерии. Силами школьников проходит первичная характеристика образцов почвенных бактерий, выявляются бактерии, стимулирующие рост растений. Данный проект является одним из наиболее эффективных примеров «Гражданской науки» и научного краудсорсинга в России. Гражданские ученые – школьники и их наставники помогают научным сотрудникам собирать и проводить первичный скрининг микроорганизмов. Массовые эксперименты, в которые вовлекаются тысячи школьников, уже несколько лет проводятся в Швеции в рамках Европейского научного фестиваля. Датским национальным центром образования в области естественных наук с участием компании Novozymes школьниками проведен сбор коллекции лактобактерий. Программа поиска новых бактериофагов студентами вузов “Science Education Alliance Phage Hunters Advancing Genomics and Evolutionary Science” проходит под руководством Медицинского института Говарда Хьюза в США с 2008 года.

В 2021 году в рамках гранта Минобрнауки (программа Федеральной научно-технической программы развития генетических технологий на 2019–2027 годы) начата работа по созданию «Всероссийского атласа почвенных микроорганизмов». Полученные от участников образцы почвы депонируются в коллекции почв, а для выделенных микроорганизмов и их консорциумов в ИХБФМ СО РАН анализируются их метагеномы, проводится поиск бактерий, стимулирующих рост растений, продуцентов новых антибиотиков, бактериофагов, новых инструментов для развития генетических технологий (инструменты редактирования генома, никазы, ДНК-полимеразы). Для наставников проектов разработана оригинальная образовательная программа, для участников-школьников проводится ежегодная отчетная конференция. В реализации данной образовательной программы в 2022 году приняли участие более двух тысяч

школьников и их наставников, планируется собрать до 10 тысяч образцов почв и почвенных микроорганизмов. Регистрация наставников происходит на сайте microbeatlas.ru.

Наиболее важной частью работы с коллекцией почв, собираемых в рамках проекта «Всероссийский атлас почвенных микроорганизмов», является поиск бактерий, стимулирующих рост растений, проявляющих следующие биологические функции: азотфиксация, солюбилизация фосфатов, антиоксидантная и противогрибковая активность, синтез ауксина, сидерофоров, цитокининов и гиббереллинов.

Исследование выполнено при поддержке 2021-1930-ФП5-8365-8981 (Соглашение 075-15-2021-1085).

ГЕНЕТИЧЕСКАЯ КОЛЛЕКЦИЯ *FREESIA REFRACTA* И ЕЕ ИСПОЛЬЗОВАНИЕ В СЕЛЕКЦИОННЫХ ИССЛЕДОВАНИЯХ ФИЦ СНЦ РАН

О.И. Пащенко

Федеральный исследовательский центр «Субтропический научный центр Российской академии наук», Сочи, Россия, pashenko-o@rambler.ru

GENETIC COLLECTION OF *FREESIA REFRACTA* AND ITS USE IN BREEDING RESEARCH AT THE SUBTROPICAL SCIENTIFIC CENTER

O.I. Pashchenko

Federal Research Centre the Subtropical Scientific Centre of the Russian Academy of Sciences,
Sochi, Russia, pashenko-o@rambler.ru

Freesia refracta (Jacq.) Klatt – популярная срезочная культура с ранневесенним сроком цветения. Относится к семейству Iridaceae, подсемейства Ixioideae. Родиной фрезии является Капская провинция Южной Африки, в связи с чем в нашей стране ее промышленное возделывание возможно только в условиях закрытого грунта.

Целью работы является проведение оценки генетической коллекции *F. refracta* Федерального исследовательского центра «Субтропический научный центр Российской академии наук» (ФИЦ СНЦ РАН) и возможности использования ее в селекционных исследованиях.

В результате активной селекционной работы, проводимой в цветоводческих хозяйствах Европы и США, к концу 60-х годов XX века в Международном Регистре насчитывалось более 230 сортов фрезии. За последние 20 лет в базе данных Королевской генеральной ассоциации производителей луковичных растений (Нидерланды) был зарегистрирован 101 сорт фрезии. Также характерной особенностью культуры является наличие в торговых сетях в основном не сортового материала, а популяций по окраске (семенных рас).

Генетическая коллекция фрезии ФИЦ СНЦ РАН начала формироваться в 60-х годах XX века. Первые сорта были завезены из Германии, и с ними проводилась работа по интродукции, сортоизучению, описанию вредителей и болезней, разработке технологий возделывания и размножения культуры в условиях влажных субтропиков России. В этот период коллекция включала 21 сорт: ‘Apollo’, ‘Apotheose’, ‘Blue Pennant’, ‘Blue Flag’, ‘Buttercup’, ‘Caro Carlee’, ‘Helsinki’, ‘Kopenhagen’, ‘Margareth’, ‘Mozart’, ‘Orange Favourite’, ‘Paradiso’, ‘Princess Maryke’, ‘Pimpernel’, ‘Royal Gold’, ‘Rijnveld’s Golden Yellow’, ‘Saffier’, ‘Snow Queen’, ‘Stockholm’, ‘Super Grandiflora rosea’, ‘White Swan’.

В 1984 году в ФИЦ СНЦ РАН начаты селекционные исследования по созданию новых декоративных сортов, устойчивых к основным патогенам и стресс-факторам в условиях возделывания на территории Сочи. На этот период коллекция уже включала 52 интродуцированных сорта селекции США, Германии и Нидерландов: ‘Anzette’, ‘Azur’, ‘Adonis’, ‘Albatrose’, ‘Alexander’, ‘Amacone’, ‘Andes’, ‘Arosa’, ‘Atlanta’, ‘Aurora’, ‘Batterfly’, ‘Blue Bird’, ‘Blue Navy’, ‘Blue Ocean’, ‘Blue Pasific’, ‘Carmen’, ‘Chardash’, ‘Diana’, ‘Eisberg’, ‘Fantazy’, ‘Flamingo’, ‘Garmony’, ‘Golden Crown’, ‘Golden Melody’, ‘Golden Wave’, ‘Gordon Cooper’, ‘Helvecia’, ‘Indiana’, ‘Leda’, ‘Marcant’, ‘Matterhorn’, ‘Melania’, ‘Merabel’, ‘Miranda’, ‘Oscar’, ‘Pallas’, ‘Panama’, ‘Pandora’, ‘Polaris’, ‘President’, ‘Red Panther’, ‘Rose Marie’, ‘Savanna’, ‘Shocking Blue’, ‘Silvia’, ‘Sirprise’, ‘Tirana’, ‘Uchida’, ‘Vesuvius’, ‘Washington’, ‘White Rain’, ‘White Wings’, ‘Winter Gold’.

С 1984 по 2022 гг. в результате селекционной работы, проводимой в центре, получено более 30 сортов фрезии, которые включены в Государственный реестр селекционных достижений Российской Федерации и три константные семенные расы.

В настоящее время изучается и поддерживается генетическая коллекция фрезии, включающая 50 сортов ('Alexander', 'Athene', 'Brunet', 'Blue Ocean', 'Blue Navy', 'Fantasy', 'Gabriel', 'Gold River', 'Kariner', 'Mercurius', 'Purple Rain', 'Silvia', 'Streipt Perl', 'Surprise', 'Анюта', 'Ангел', 'Бриз', 'Валерия', 'Весна', 'Вега', 'Валентина', 'Георгий Победоносец', 'Голубой Жемчуг', 'Золушка', 'Золото Амписалиды', 'Иней', 'Ирина', 'Кардинал', 'Кавказ', 'Карамель', 'Лада', 'Мечта', 'Марс', 'Меланж', 'Наталья', 'Нежность', 'Пальмира', 'Праздничная', 'Пурпурная', 'Романтика', 'Рица', 'Солнечный Берег', 'Сонет', 'Светлана', 'Татьяна', 'Урусвати', 'Чайка', 'Элизабет', 'Юнона', 'Юбилейная'), одну синюю расу и более 130 гибридных форм.

Проводимая в ФИЦ СНИЦ РАН селекционная работа направлена на создание новых декоративных, хозяйственно ценных сортов фрезии, приспособленных к местным условиям произрастания. Также одной из основных задач является получение сортов с махровым и полумахровым типами цветка. При получении гибридного потомства подбираются родительские пары, учитывая признаковый принцип использования источников селекционно значимых признаков, таких как декоративность, урожайность соцветий, биотическая и абиотическая устойчивость. На основе скрещиваний сортов разного уровня ploidy зарубежного и отечественного происхождения, нами были получены гибридные популяции как одной окраски, так и отдельные перспективные гибридные формы, включая с махровым и полумахровым типом околоцветника. При изучении сеянцев F₁ от разных комбинаций скрещивания установлены родительские пары, которые дают незначительное расщепление признака «окраска цветка» и могут служить исходным материалом для создания новых константных семенных рас и комбинации с максимальным расщеплением этого признака, а также самые результативные формы, которые передают потомству полумахровую и махровую форму околоцветника.

Проанализировав 109 комбинаций скрещивания, выделено 24 наиболее перспективных для получения гибридного фонда фрезии с комплексом хозяйственно ценных признаков. Комбинации, где в качестве материнских форм используются сорта 'Athene', 'Ангел', 'Вега', 'Бриз', 'Праздничная', 'Пальмира', и отцовских – 'Мечта', 'Георгий Победоносец', 'Меланж', 'Кавказ' – показывают самые высокие результаты по выходу устойчивых и высокодекоративных форм. Минимальный процент расщепления признака «окраска цветка» выделяется в комбинациях, где в качестве родительских форм используются сорта 'Валентина', 'Silvia', 'Alexander'. Гибриды с махровой и полумахровой формой цветка выделяются в комбинациях с участием сортов 'Пальмира', 'Романтика', 'Мечта'.

Таким образом, формирование генетической коллекции *F. refracta* в ФИЦ СНИЦ РАН ведется более 55 лет. За этот период она претерпела существенные изменения. Было интродуцировано более 100 сортов фрезии селекции США, Германии и Нидерландов, часть из них сохранена в коллекции до настоящего времени, часть выпала, была заменена отечественными сортами, более приспособленными к условиям возделывания. Ежегодно проводится работа по выделению источников хозяйственно ценных признаков, генетическая коллекция пополняется новыми сортами селекции ФИЦ СНИЦ РАН, включенными в Государственный реестр селекционных достижений Российской Федерации. За период 2019–2022 гг. коллекция пополнена 5 сортами селекции центра: 'Рица', 'Светлана', 'Татьяна', 'Золото Амписалиды', 'Наталья'.

РАЗНООБРАЗИЕ ГАПЛОТИПОВ ПО ТЕСНО СЦЕПЛЕННЫМ С ГЕНОМ *SKr* ЛОКУСАМ У МЯГКОЙ ПШЕНИЦЫ РАЗЛИЧНОГО ГЕОГРАФИЧЕСКОГО ПРОИСХОЖДЕНИЯ И УРОВНЯ СКРЕЩИВАЕМОСТИ С РОЖЬЮ

И.В. Поротников, В.П. Пюккенен, О.Ю. Антонова, О.П. Митрофанова

Федеральный исследовательский центр Всероссийский институт генетических ресурсов растений имени Н.И. Вавилова, Санкт-Петербург, Россия, i.v.porotnikov@gmail.com

DIVERSITY OF HAPLOTYPES ACCORDING TO LOCI CLOSELY LINKED TO THE *SKr* GENE IN COMMON WHEAT FORMS OF DIFFERENT GEOGRAPHIC ORIGIN AND THEIR CROSSABILITY WITH RYE

I.V. Porotnikov, V.P. Pyukkenen, O.Yu. Antonova, O.P. Mitrofanova

N.I. Vavilov All-Russian Institute of Plant Genetic Resources, St. Petersburg, Russia, i.v.porotnikov@gmail.com

Скрещиваемость мягкой пшеницы (*Triticum aestivum* L.) с представителями рода *Secale* L. контролируется генами *Kr1-Kr4* и супрессором *SKr*. Широкое распространение у мягкой пшеницы получили доминантные аллели этих генов, обуславливающие межродовую несовместимость (завязываемость зерновок менее 10%). Присутствие рецессивных аллелей сопряжено с высокой скрещиваемостью с рожью, однако они встречаются лишь у местных форм из стран Восточной Азии. Основное по силе влияние на эффект межродовой несовместимости оказывают гены *Kr1* и *SKr*. Молекулярные маркеры гена *SKr* эффективны в контроле передачи его рецессивных аллелей в другие сорта, однако неизвестна их применимость для скрининга *ex-situ* коллекций. Цель настоящего исследования – изучить аллельный полиморфизм ДНК-маркеров, тесно сцепленных с *SKr*, и определить возможности их использования для поиска генотипов с высокой скрещиваемостью.

Изучено 103 образца (114 генотипов) мягкой пшеницы из 22 стран мира, отобранных из коллекции ВИР по признаку скрещиваемости с рожью на основе литературных данных и по результатам собственного фенотипирования. Группу с высокой скрещиваемостью с рожью представляли 66 образцов, из них 56 происходили из Китая и Японии. Контрастную группу с низкой скрещиваемостью образовали 37 образцов из 18 стран, в том числе 15 из России. Каждый образец был представлен 2–7 ДНК-препаратами индивидуальных растений. Молекулярный скрининг проводили с привлечением четырех молекулярных маркеров, тесно сцепленных с геном *SKr*: *Xcfb341*, *TGlc2*, *gene12* и *gene13*. В литературе для них описаны диагностические фрагменты, ассоциированные с высокой и низкой скрещиваемостью.

На основе аллельного состава локусов *Xcfb341*, *TGlc2*, *gene12* и *gene13* у изученных генотипов было выделено 10 гаплотипов. Наиболее представленными как в выборке, так и по географическому охвату оказались гаплотипы #1, #2 (таблица). Третьим по распространенности был гаплотип #3, который встречался только у генотипов из Китая и Индии. Суммарно эти гаплотипы присутствовали у 92% генотипов из 21 страны. Остальные гаплотипы были либо редкими, либо уникальными. Среди них #7, #8, #9 и #10 имели новые аллели, которые были обнаружены у старого российского сорта Сибирка Ярцевская и у двух образцов из Пакистана. Гаплотипы #4, #5 и #6 характеризовались редким сочетанием аллелей. Из выявленных гаплотипов с высокой скрещиваемостью с рожью были ассоциированы #1 и #3 – они преобладали у генотипов, совместимых с рожью (78,1%) и несли диагностические фрагменты высокой скрещиваемости по локусам *Xcfb341*, *TGlc2*, *gene12*. С низкой скрещиваемостью был связан гаплотип #2, он преобладал (63%) у генотипов с данным признаком и по всем четырем маркерным локусам имел диагностические фрагменты низкой скрещиваемости.

У 56 генотипов мягкой пшеницы из Восточной Азии, которые были совместимы с рожью, преимущественно встречались (94,7%) гаплотипы #1 и #3, что указывает на наличие у них рецессивных аллелей как минимум гена *SKr*. При этом у генотипов из Китая было обнаружено пять гаплотипов (#1–#5), а из Японии – два, что отчасти могло быть связано с меньшим числом изученных у них генотипов.

Таблица. Гаплотипы, выделенные по аллельному составу маркерных локусов *Xcfb341*, *TGlc2*, *gene12* и *gene13* у изученных генотипов мягкой пшеницы

Гаплотип	Доля генотипов с высокой/низкой скрещиваемостью	Представленность гаплотипа в изученных генотипах из разных стран (названия стран по ISO 3166-1)
#1	Высокая: 72% Низкая: 28%	CHN – 48%; JPN – 18%; RUS – 11%; CAN – 5%; IND, USA – по 3%; ARG, AUS, BGR, BRA, CSK, KAZ, PRT – по 2%
#2	Высокая: 37% Низкая: 63%	RUS – 40%; CHN – 17%; ARG – 7%, AFG, AUS, BLR, CAN, FRA, GBR, JPN, MEX, POL, SWE, SYR – по 3%
#3	Высокая: 93% Низкая: 7%	CHN – 93%; IND – 7%
#4	Высокая: 100%	CHN – 100 %
#5	Высокая: 50% Низкая: 50%	SYR, CHN — по 50%
#6	Низкая: 100%	RUS
#7	Высокая: 100%	PAK
#8	Высокая: 100%	RUS
#9	Низкая: 100%	PAK
#10	Низкая: 100%	PAK

Линия Л6-ХСР, выделенная по признаку высокой скрещиваемости с рожью из китайского образца Ching-yang-302, оказалась гетерогенной по составу гаплотипов. У одного из индивидуальных растений (генотипов) наблюдали гаплотип #2 и низкую (0%) скрещиваемость, у другого – гаплотип #3 и высокую (25%) скрещиваемость, а также было обнаружено гетерозиготное растение. Другими словами, экспериментально была подтверждена связь диагностических фрагментов маркеров *Xcfb341*, *TGlc2* и *gene12* с наблюдаемым в поле уровнем скрещиваемости.

Таким образом, практически во всех странах встречались генотипы с гаплотипами #1 и #2. Наиболее широкое разнообразие гаплотипов по тесно сцепленным с *SKr*-локусам присуще генотипам из Китая. У генотипов мягкой пшеницы с высокой скрещиваемостью с рожью преобладали гаплотипы #1 и #3, ассоциированные с данным признаком, что вероятно указывает на наличие у этих генотипов рецессивных аллелей *SKr*. В случае гетерогенности образцов необходимо идентифицировать у них генотипы с рецессивными аллелями *SKr* как с помощью маркеров *Xcfb341*, *TGlc2* и *gene12*, так и традиционной оценкой скрещиваемости путем опыления кастрированных колосьев мягкой пшеницы пыльцой ржи.

ПОИСК ДНК-МАРКЕРОВ, АССОЦИИРОВАННЫХ С ХОЗЯЙСТВЕННО ЦЕННЫМИ ПРИЗНАКАМИ ЯЧМЕНЯ КОЛЛЕКЦИИ ВИР

И.В. Розанова, И.Г. Лоскутов, Н.А. Швачко

Федеральный исследовательский центр Всероссийский институт генетических ресурсов растений имени Н.И. Вавилова, Санкт-Петербург, Россия, i.rozanova@vir.nw.ru

SEARCHING FOR DNA MARKERS ASSOCIATED WITH USEFUL AGRONOMIC TRAITS IN THE VIR COLLECTION OF BARLEYS

I.V. Rozanova, I.G. Loskutov, N.A. Shvachko

N.I. Vavilov All-Russian Institute of Plant Genetic Resources, St. Petersburg, Russia, i.rozanova@vir.nw.ru

Ячмень (*Hordeum vulgare* L.) является одной из наиболее важных сельскохозяйственных культур. По сведениям Продовольственной и сельскохозяйственной организации ООН, площадь посадок, занятых ячменем в России, составляет 8,3 млн га, что позволяет производить 25,3 ц/га зерна (<http://www.fao.org/faostat/en/#data>). Помимо того, что ячмень используется в кормовой и в пивоваренной промышленности, он также превосходно подходит для применения в диетическом меню, нацеленном на здоровое питание. Мировое растениеводство, в том числе и в России, ориентировано на здоровый образ жизни и потребление продуктов, которые могут дать необходимый набор микроэлементов. Поэтому, помимо устойчивости к воздействию биогенным и абиогенным факторам, повышенное содержание полезных для здоровья веществ, становится одним из важных показателей конкурентоспособности сортов и направления селекции зерновых культур.

В конце XX века подходы традиционной селекции были дополнены методами ускоренного отбора на основе анализа полиморфизма ДНК. Один из таких подходов – маркер-ориентированная селекция (МОС) – основан на использовании ДНК-маркеров, диагностических для хозяйственно ценных признаков. Для того чтобы разработать ДНК-маркеры, способные точно предсказать фенотип, необходимо провести предварительное картирование локусов, контролирующих хозяйственно ценные признаки.

В последние годы для поиска ассоциаций между фенотипом и генотипом используется полногеномный анализ ассоциаций (GWAS, genome-wide association study), который значительно расширяет генетическое разнообразие доноров ценных признаков. Одним из условий, необходимых для проведения GWAS является разнородность выборки, поскольку метод чувствителен к наличию большого количества родственных образцов. Всероссийский институт генетических ресурсов растений имени Н.И. Вавилова обладает уникальной мировой коллекцией, которая служит исходным материалом для селекции сельскохозяйственных культур в Российской Федерации. Коллекция ячменя состоит из более чем 18 тысяч образцов. В нее входят как сорта, которые возделывались с начала XX века, так и внесенные в Реестр селекционных достижений РФ. В 2022 году была сформирована выборка из 280 образцов ячменя из коллекции ВИР, которые подразделялись на следующие три группы:

- первую группу составили новые сорта ячменя последних лет поступления в коллекцию, относящиеся преимущественно к различным регионам России, странам Западной Европы, полученные с ГСУ и Европейских банков, сорта Беларуси, Таджикистана и Казахстана;
- во вторую группу вошли пленчатые сорта современной селекции, староместные сорта и местные формы из разных регионов России, с различными признаками и имеющие некоторые исторические данные.

- третья группа включает как местные формы, так и селекционные сорта голозерного ячменя разного эколого-географического происхождения.

Из 280 образцов данной выборки была выделена ДНК высокой степени очистки. Образцы были подготовлены для генотипирования. Выборка отправлена на генотипирование с использованием чипа Illumina на 50 тысяч маркеров, чтобы в дальнейшем, с помощью метода GWAS, выявить локусы к хозяйственно ценным признакам.

Создание подходящей выборки в сочетании с новейшими методами позволит сократить сроки создания новых сортов и сделает процесс селекции более динамичным.

Работа выполнена при поддержке гранта «Активизация сетевого сотрудничества генетических банков (AGENT), соглашение № 075-15-2021-939 от 30.09.2021».

МОЛЕКУЛЯРНЫЙ СКРИНИНГ СОРТОВ КАРТОФЕЛЯ ИЗ КОЛЛЕКЦИИ ВИР НА УСТОЙЧИВОСТЬ К *MELOIDOGYNE CHITWOODI*

Д.А. Рыбаков, О.Ю. Антонова, Т.А. Гавриленко

Федеральный исследовательский центр Всероссийский институт генетических ресурсов растений имени Н.И. Вавилова, Санкт-Петербург, Россия, tatjana9972@yandex.ru

MOLECULAR SCREENING OF POTATO CULTIVARS FROM THE VIR COLLECTION FOR RESISTANCE TO *MELOIDOGYNE CHITWOODI*

D.A. Rybakov, O.Yu. Antonova, T.A. Gavrilenko

N.I. Vavilov All-Russian Institute of Plant Genetic Resources, St. Petersburg, Russia, tatjana9972@yandex.ru

Колумбийская корневая галловая нематода относится к роду *Meloidogyne*, который включает в себя около 100 видов галловых нематод, обитающих в тропических и субтропических широтах. Однако колумбийская корневая галловая нематода *Meloidogyne chitwoodi* Golden, O'Bannon, Santo, & Finley, сохраняет свою вредоносность при температуре ниже +6°C и встречается на территории Северной Америки и Европы (Jones et al., 2017; Мироненко и др., 2020), поэтому является потенциально опасным заболеванием для картофелеводства в Российской Федерации, где является пока объектом внешнего карантина.

Для анализа потенциальной защищенности отечественного селекционного генофонда от *M. chitwoodi* нами был проведен скрининг селекционных сортов картофеля при помощи ДНК-маркеров, сцепленных с геном *R_{Mc1}(blb)*, контролирующим устойчивость к 1 и 2 расам колумбийской галловой корневой нематоды (Zhang et al., 2007).

Материалом для анализа послужили образцы картофеля из коллекции ВИР. Экспериментальная выборка состояла из 62 образцов, включая 49 сортов картофеля отечественной и зарубежной селекции, три перспективных селекционных клона, полученных из ЛенНИИСХ Белогорка, а также 10 образцов трех диких мексиканских видов картофеля – *Solanum bulbocastanum*, *S. stoloniferum* и *S. tarnii*. Согласно литературным данным, среди образцов этих диких видов были отобраны источники устойчивости к *M. chitwoodi*, несущие функциональный аллель гена *R_{Mc1}(blb)*.

При формировании экспериментальной выборки специально отбирались селекционные сорта, которые согласно данным родословных были созданы с участием мексиканского вида *S. stoloniferum*. В ранее проведенном молекулярном скрининге, у этих сортов был детектирован генетический материал, характерный для данного дикого вида – W/γ или D(W/α)-типы цитоплазм и маркеры генов *Ry_{sto}/Ry-f_{sto}*, контролирующие экстремальную устойчивость к Y вирусу картофеля (YBK), и/или маркеры генов *Rb/Rpi-blb1/Rpi-sto1* устойчивости к широкому спектру рас фитофторы (Antonova et al., 2018; Гавриленко и др., 2018; Рыбаков и др., 2020; Клименко и др., 2020; Фомина и др. 2020). Тотальную ДНК из растительного материала образцов экспериментальной выборки выделяли модифицированным методом СТАВ-экстракции (Gavrilenko et al., 2013; Антонова и др., 2020). Условия амплификации соответствовали предложенным разработчиками праймеров.

У каждого из изученных образцов диких диплоидных мексиканских видов *S. bulbocastanum* и *S. tarnii* были выявлены диагностические фрагменты двух маркеров гена *R_{Mc1}(blb)* – 193i9 и 39E18. Согласно литературным данным в расщепляющихся гибридных популяциях оба эти маркера ко-сегрегируют с признаком устойчивости к корневой галловой колумбийской нематоды. Из 8 изученных образцов *S. stoloniferum* два обладали обоими этими маркерами. Среди проанализированных селекционных сортов

генотипов с таким маркерным профилем пока не обнаружено. В дальнейших исследованиях экспериментальная выборка будет расширена.

Исследования выполнены при поддержке проектов РФФИ 20-54-00043 бел-а и 0481-2022-0004 «Совершенствование подходов и методов ex-situ сохранения идентифицированного генофонда вегетативно размножаемых культур и их диких родичей, разработка технологий их эффективного использования в селекции».

ВЛИЯНИЕ ПОЧВЕННЫХ БАКТЕРИАЛЬНЫХ КОНСОРЦИУМОВ НА РОСТ И РАЗВИТИЕ ПШЕНИЦЫ

**А.А. Сергеев³, М.А. Глухова³, Р.И. Даудова³, Т.К. Капитанова³, В.В. Нестеров³,
А.К. Парфенова³, А.П. Парамоник², С.Е. Седых², Н.В. Смирнова¹**

¹ Институт почвоведения и агрохимии СО РАН, Новосибирск, Россия

² Институт химической биологии фундаментальной медицины СО РАН,
Новосибирск, Россия

³ Научно-технологический университет «Сириус», Краснодарский край,
alice.sergeyenko@gmail.com

INFLUENCE OF SOIL BACTERIAL CONSORTIA ON THE GROWTH AND DEVELOPMENT OF WHEAT

**A.A. Sergeenko³, M.A. Glukhova³, R.I. Daudova³, T.K. Kapitanova³, V.V. Nesterov³,
A.K. Parfenova³, A.P. Paramonik², S.E. Sedykh², N.V. Smirnova¹**

¹ Institute of Soil Science and Agrochemistry, Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences, Novosibirsk, Russia

² Institute of Chemical Biology and Fundamental Medicine, Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences, Novosibirsk, Russia

³ Sirius University of Science and Technology, Krasnodar Territory,
alice.sergeyenko@gmail.com

В настоящее время преобладает интенсивный тип сельского хозяйства, предполагающий получение высоких урожаев благодаря применению более совершенных средств и методов производства, в том числе использованию удобрений. Выращивание яровой пшеницы предполагает внесение до 60 тонн на гектар органических и до 200 кг на гектар минеральных удобрений. В тоже время активное применение минеральных удобрений приводит к экологическим проблемам. Одной из рассматриваемых альтернатив этим удобрениям является разработка агропромышленных и биотехнологий для эффективного использования генетических ресурсов микробиологических консорциумов, содержащих бактерии, способные обеспечивать растения необходимыми питательными веществами.

Целью настоящей работы стало изучение потенциала использования почвенных микробиологических консорциумов при выращивании пшеницы яровой в условиях федеральной территории «Сириус».

Для изучения был взят сорт 'Новосибирская 16'. Анализ почвенных условий федеральной территории «Сириус» показал, что они являются экстремальными для выращивания этих растений, что обусловлено высокой температурой поверхности почвы (до +35°C в июле), ее низкой влажностью (не более 10%) и низким содержанием фосфора (в среднем меньше 2 мг) и нитратов (в среднем меньше 2 мг). В рамках исследования были изучены 20 микробиологических консорциумов, включающих в себя 3 типа почвенных бактерий, обладающих азотфиксирующей, фосфат-мобилизирующей активностью и секретирующей сидерофоры.

В процессе эксперимента были проанализированы морфологические (рост и вес надземной части, количество стеблей) и биохимические (содержание хлорофилла) параметры пшеницы яровой, обработанной консорциумами, в лабораторных и в полевых условиях. Установлено, что микробиологические консорциумы повышают всхожесть семян пшеницы на 30–40%, а также увеличивают выход надземной биомассы на 15–18%.

В ходе изучения динамики изменения состояния растений, обработанных консорциумами, при имитации весенних заморозков, характерных для Краснодарского

края, установлено, что обработка тремя из двадцати консорциумов способствует повышению стрессоустойчивости пшеницы.

Показано, что под влиянием одного из консорциумов, число копий гена нитрогеназы в ризосфере пшеницы возросло в 421 раз, а щелочной фосфатазы – в 74 раза; другой консорциум привел к увеличению числа копий бета-пропеллерной фитазы в 54, а нитрогеназы – в 40 раз.

Таким образом, микробиологические консорциумы оказывают положительно влияние на рост растений и являются перспективными для дальнейшего изучения.

ФИЛОГЕНЕТИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ АЛЛЕЛЕЙ ГЕНОВ УСТОЙЧИВОСТИ ЛЬНА (*LINUM USITATISSIMUM* L.) К РЖАВЧИНЕ (*MELAMPSORA LINI* (PERS.) LEV.)

А.А. Слободкина^{1,2}, С.Н. Кутузова¹, А.В. Павлов¹, Н.Б. Брач¹, Т.В. Матвеева²,
Е.А. Пороховинова¹

¹ Федеральный исследовательский центр Всероссийский институт генетических ресурсов растений имени Н.И. Вавилова, Санкт-Петербург, Россия, e.porohovinova@mail.ru

² Санкт-Петербургский государственный университет, Санкт-Петербург, Россия

PHYLOGENETIC ANALYSIS OF RUST (*MELAMPSORA LINI* (PERS.) LEV.) RESISTANCE GENE ALLELES IN FLAX (*LINUM USITATISSIMUM* L.)

A.A. Slobodkina^{1,2}, S.N. Kutuzova¹, A.V. Pavlov¹, N.B. Brutch¹, T.V. Matveeva²,
E.A. Porokhovinova¹

¹ N.I. Vavilov All-Russian Institute of Plant Genetic Resources, St. Petersburg, Russia, e.porohovinova@mail.ru

² Saint-Petersburg State University, St. Petersburg, Russia

Ржавчина (*Melampsora lini* (Pers.) Lev.) является одним из вредоносных заболеваний льна. Генетический контроль вертикальной устойчивости к ней изучен достаточно хорошо, всего известно шесть локусов: *K*, *L*, *M*, *N*, *P* и *Q*, для первых пяти из них характерен множественный аллелизм (*K* – *K1*, *L* – *L12*, *M* – *M6*, *N* – *N2*, *P* – *P5*), всего около 40 аллелей (Islam, Shepherd, 1991). Установлено сцепление между генами *N* и *P* в 15 сМ, *M* и *M3* – 0,002сМ. Остальные локусы наследуются независимо (Flor, 1962). Гены *L*, *M*, *N* и *P* относятся к TIR-NBS-LRRs классу генов устойчивости. Показано, что только локус *L* тождественен гену (Ellis et al., 1999), а локусы *M*, *N* и *P* по сути являются кластерами тесно сцепленных генов. Локус *M* состоит как минимум из двух генов: аллели первого – *M* и *M1comp1*, а второго – *M1*, *M3* и *M4* (Lawrence et al., 2010). Было исследовано пять линий-дифференциаторов генетической коллекции Г. Флора, гомозиготных по локусам *N* = *Ngc*, *N1*, *N2*, *Nbi*, *Nho*. Установлено, что каждый из локусов содержит по 4 гена, три из которых *N-A*, *N-B* и *N-D* тесно сцеплены, а четвертый *N-C*, находится в той же группе сцепления, но на большом расстоянии. Гены *N-A* с *N-B*, а также *N-C* с *N-D* являются гомологами, а *N-A* и *N-B* с *N-C* и *N-D* – паралогами. Некоторые из аллелей имеют мутацию, приводящую к сдвигу рамки считывания (Dodds et al, 2001b). *P*-локус был секвенирован у 6 линий генколлекции Г. Флора, гомозиготных по локусам *P*, *P1* – *P4*, *PH*. Этот локус состоит из двух тесно сцепленных генов – *P-A* и *P-B* каждый из которых помимо TIR, NBS и LRRs кодирует CNL домен (C-terminal non LRR domain), делеция которого приводит к потере устойчивости. Все линии несли оба гена, но у трех ген *P-A* был псевдогеном, что не помешало последним быть устойчивыми (Dodds et al, 2001a).

Большинство работ по секвенированию генов устойчивости льна к ржавчине проводили в начале 2000-х годов, что, с одной стороны, было сделано технически качественно, но с другой стороны, гены не изучали все вместе современными методами, поэтому целью данной работы стало выявление степени сходства продуктов генов, относящихся к локусам *L*, *M*, *N* и *P*, депонированных в NCBI.

В филогенетический анализ взяты аминокислотные последовательности продуктов 38 аллелей генов, относящихся к четырем локусам устойчивости льна к ржавчине из базы данных NCBI (GenBank: AAA91022, AAD25965-76 – 13 аллелей гена *L*; AAB47618, AAS91452-54 – 4 аллели генов локуса *M*; CAC35326-334 – 13 аллелей генов локуса *N*; AAK288803-812 – 8 аллелей генов локуса *P*). В качестве внешней группы использовали продукт гена *RPP5* (AAF08790), обеспечивающий устойчивость арабидопсиса к мучнистой росе.

Аминокислотные последовательности продуктов R-генов выравнивали алгоритмом MUSCLE в программе UGENE41.0, деревья строили в программе MrBayes (алгоритм MCMC – Монте-Карло по схеме Марковской цепи, число генераций 26 000, частоты дискретизации = 10). В качестве поддержки программа MrBayes использует апостериорную вероятность, выраженную в «Clade credibility values» от 0 до 100 (максимальная). В строгом приближении клада считается поддержанной при 95. В данной работе большинство (31 из 36) клад было поддержано.

Все анализируемые гены кодируют белки длиной от 816 до 1581 ак. Последовательности разделились на две большие группы, соответствующие локусам (1) *L*, *M*, *N* и (2) *P*, что логично, так как в продуктах локуса *P* есть дополнительный CNL домен. Первая клада образуется из двух (*L*, *M*) и *N*. Клада (*L*, *M*) разделяется на две – *L* и *M*, а также и отдельно стоящий *M1-comp1*. По данным аннотирования NCBI ген *M1-comp1* длиннее своего аллеля *M* на 543 пн, имеет 3, а не 4 экзона, и кодирует 12, а не 16 LRR доменов.

Кладу *M* образуют три белка *M*, *M1* и *M3*. Интересно, что продукты разных генов *M* и *M1* более похожи, чем продукты аллелей одного гена *M1* и *M3*.

Клада *L* состоит из отдельной ветви *L1* и четырех клад (*L8*, *LH*, *L9*), (*L*, *L2*), (*L3*, *L10*, *L4*, *L5*), (*L6*, *L7*, *L11*). Ген *L1* отличается двумя делециями в зоне, кодирующей LRRs домены. Ген *L2* – единственный из других, имеющий дупликацию (в 280 пн), но все равно группируется с *L*. Несмотря на поддержку 99, возможно, здесь ложное объединение, так, при построении деревьев в той же программе, но с меньшим числом генераций, эта клада была недостоверна, а при построении методом максимального подобия эти ветви были отдельны от всех других. Клада ((*L8*, *LH*), *L9*) имеет максимальную поддержку несмотря на то, что в нее входит *L8*, ген, кодирующий которого имеет делецию в 1434 пн. Клада ((*L3*, *L10*), *L4*), *L5* подтверждает данные Г. Эллис о наличии в первых трех из них консервативных мотивов, отсутствующих у других. Клада ((*L6*, *L7*), *L11*) подтверждает данные Г. Эллис о сходстве *L6*, *L7*, *L11* (Ellis et al., 1999).

Клада *N* состоит из четырех клад, зафиксировавшие аллели генов *N-A*, *N-B*, *N-C* и *N-D*. *N-A* с *N-B* и *N-C* с *N-D* образуют более крупные клады (*N-A*, *N-B*) и (*N-C*, *N-D*), т. е. подтверждает их гомологию. Окончательная группировка их в единую кладу подтверждает, что *N-A* и *N-B* с *N-C* и *N-D* – паралоги (Dodds et al., 2001a).

Клада *P* состоит из клады *P-B*, клады *P2-A*, *P3-A* и отдельной ветви *P1-A*. У генов *P-A* в 3 из 6 аллелей наблюдается сдвиг рамки считывания, приводящих к образованию псевдогена, и еще у одного сдвиг приводит к укорочению продукта. Гены *P2-A* и *P3-A* практически полностью идентичны до конца последовательности, и отличаются только вставкой 6 пн у *P3-A* в позиции 882 и нарушением рамки считывания в конце гена. Члены клады *P-B* (*P-B*, *P1-B*, *P3-B*, (*P4-B*, *PH-B*)) не имеют фатальных замен (Dodds et al., 2001a).

В генетической коллекции ВИР имеются все линии коллекции Г. Флора, оцененные по устойчивости к местной популяции *M. lini*. Линия из сорта 'Hoshangabad' из генколлекции Г. Эллис является универсально чувствительной. Оказалось, что только делеции в аллеле *L1*, дупликация в аллеле *L2*, неизвестная замена в *L*, а также крупные реорганизации в *M1-comp1* ассоциированы с потерей устойчивости. Во всех других кладах встречались аллели генов как устойчивых, так и восприимчивых линий. Однако, про многие устойчивые линии нельзя сказать, какой из кластера генов отвечает за их устойчивость. Таким образом, на едином материале обобщены данные по всем секвенированным аллелям генов устойчивости. Филогенетическими методами показана разная степень их гомологии между собой. В перспективе необходимо провести секвенирование оставшихся «аллелей» локусов устойчивости линий из коллекции Г. Флора, а также секвенировать локусы *K* и *Q*, идентифицированные классическими методами генетики (Flor, 1955, Кутузова, Куликова, 1989).

Работа выполнена при поддержке Минобрнауки России в рамках соглашения № 075-15-2020-911 от 16.11.2020 о предоставлении гранта в форме субсидий из федерального бюджета на осуществление государственной поддержки создания и развития научного центра мирового уровня «Агротехнологии будущего».

ИЗУЧЕНИЕ ДРЕВНЕГО ЯЧМЕНЯ XII ВЕКА С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ МОЛЕКУЛЯРНО-ГЕНЕТИЧЕСКИХ МЕТОДОВ

Н.В. Смирнова*, Т.В. Семилет, Н.А. Швачко

Федеральный исследовательский центр Всероссийский институт генетических ресурсов растений имени Н.И. Вавилова, Санкт-Петербург, Россия, *n.smirnova@vir.nw.ru

STUDY OF ANCIENT BARLEY OF THE 12th CENTURY USING MOLECULAR GENETIC METHODS

N.V. Smirnova*, T.V. Semilet, N.A. Shvachko

N.I. Vavilov All-Russian Institute of Plant Genetic Resources, St. Petersburg, Russia,
*n.smirnova@vir.nw.ru

В настоящее время с помощью современного междисциплинарного направления молекулярной биологии – палеогенетики стало возможным проводить анализ структуры древней ДНК (аДНК), полученной из биологических останков различного возраста и происхождения. Комплексный подход к исследованиям дал возможность изучать геномы вымерших организмов и сравнивать с ныне живущими. Основное внимание современных палеогенетиков направлено на изучение ископаемых остатков древних людей. Кроме того, зарубежными и отечественными учеными широко исследуется аДНК, получаемая из костей рыб, тканей млекопитающих, органических остатков, присутствующих в различных системах органов. Значительно реже ведутся исследования палеонаходок растительного происхождения (семена, пыльца, одревесневшие части). Информация, хранящаяся в огромном количестве гербарных образцов и археологических останков в значительной степени, остается неисследованной. В России работы по палеогенетике растений встречаются очень редко.

В нашей работе с применением молекулярно-генетических методов мы изучали генетическое разнообразие ячменя, произраставшего в Средние века на северо-западе России.

В качестве растительного материала в данном исследовании использованы археоботанические карпоботанические коллекции образцов ячменя, собранные в 2019 году во время археологических раскопок Городища Усвяты в Псковской области (XI–XII век) и предоставленные старшим научным сотрудником Института истории материальной культуры кандидатом исторических наук Иваном Игоревичем Еремеевым. В качестве контроля в работе использовали современные пленчатые и голозерные, двурядные и шестирядные, а также дикорастущие образцы ячменя из коллекции ВИР.

В результате морфологического анализа было выявлено преобладание ячменя в находке. Это указывает на архаичность зернового состава, характерного более раннему периоду, поскольку в XII веке на территории России преобладающей культурой была рожь. Кроме того, при разборе ископаемых остатков были найдены поврежденные зерновки злаковых, видовую принадлежность которых невозможно было определить морфологическими методами. Утраченные внешние признаки зерновок побудили использовать современные молекулярно-генетические методы палеогенетики.

Нами была отработана методика изолирования древней ДНК растений, при помощи которой нам удалось выделить фрагментированную древнюю ДНК, уточнить видовую принадлежность частично разрушенных зерновок и изучить аллельное состояние генов, отвечающих за внутривидовую изменчивость ячменя по морфологии зерна – гена *Nud*, определяющего пленчатый или голозерный тип зерна, а также генов *Vrs* и *Btr*, отвечающих за архитектуру колоса ячменя. Отработана схема анализа генетических последовательностей древних ячменей, включающая анализ последовательностей генов из баз данных (*in silico* анализ, конструирование праймеров), а также молекулярно-

генетические методы изучения современных и древних образцов (выделение ДНК, рефрагментация древней ДНК, ПЦР, электрофоретический анализ, секвенирование по Сэнгеру).

Таким образом, в настоящей работе показана возможность реконструировать внешний облик растений, которым принадлежали сохранившиеся в раскопах зерновки, при помощи молекулярно-генетического анализа. Это продемонстрировано на примере трех основных признаков, сыгравших важную роль в процессе доместикации ячменя: (пленчатость/голозерность, двурядность/шестирядность и ломкоколосость). По результатам работы удалось изучить внутривидовое разнообразие ячменей из археологической находки карбонизированных семян XII века, найденных при раскопках Усвятского городища. Мы определили, что в данной карпологической находке ячмени характеризуются следующими признаками: пленчатая зерновка и двурядный ломкий колос. Однако перспектива использования ДНК-анализа для уточнения характеристик древних «сортов» растений имеет гораздо больший потенциал. С помощью данного подхода можно изучать разнообразный археоботанический материал и различные признаки.

Анализ древней ДНК растений стал полезным инструментом для исследования и ответа на археологические и археоботанически важные вопросы. Отработанный нами подход позволяет различить молекулярно-генетическими методами характеристики древних карбонизированных семян растений.

ИЗУЧЕНИЕ КАЧЕСТВА ЗЕРНА В ЛАБОРАТОРИИ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ ОЦЕНКИ ВИР

М.В. Соловьева*, И.А. Кибкало, Н.А. Швачко

Федеральный исследовательский центр Всероссийский институт генетических
ресурсов растений имени Н.И. Вавилова, Санкт-Петербург, Россия,

*maria.soloveva.97@mail.ru

STUDYING GRAIN QUALITY AT THE TECHNOLOGICAL ASSESSMENT LABORATORY OF VIR

M.V. Solovyeva*, I.A. Kibkalo, N.A. Shvachko

N.I. Vavilov All-Russian Institute of Plant Genetic Resources, St. Petersburg, Russia,

*maria.soloveva.97@mail.ru

Качество зерна, принимаемого хлебопекарными пунктами, а также поступающего на предприятия мукомольной промышленности, должно отвечать определенным требованиям. Под качеством обычно понимают сумму или совокупность свойств и признаков, определяющих возможность использования зерна по целевому назначению и для длительного хранения.

Ценность зерна прежде всего определяется его химическим составом, так как содержание тех или иных веществ и их соотношение в значительной степени характеризует пищевые и технологические качества зерна. Поэтому эти свойства учитываются на всех этапах работы с ним: при выведении новых сортов, разработке приемов агротехники, хранении, обработке и переработке.

На качество зерна в процессе производства оказывают влияние многочисленные факторы, но наиболее изученными являются погодные условия, окультуренность почв и приемы их обработки, предшественники, удобрения, семена и посев, вредители, болезни и сорняки, орошение, величина урожая, полегание растений, способы и сроки уборки, очистка и сушка.

Все методы определения качества зерна можно разделить на три группы: органолептические, весовые и приборные.

1. К органолептическим методам относятся такие, при которых качество зерна оценивают с помощью органов чувств. Это цвет, запах, вкус зерна. Их еще называют показателями свежести зерна.

2. Весовые методы: засоренность и зараженность зерна амбарными вредителями – наличие может привести к большим потерям зерновых продуктов в массе, резкому снижению качества и возможности его хранения.

3. К приборным оценкам относится определение качества зерна при помощи приборов. При этом показатели качества даются в числовом выражении. К ним относятся влажность, натура, стекловидность, качество и количество сырой клейковины и др.

В лаборатории технологической оценки ВИР нами отработаны и поставлены методы по проверке качества зерна – натура, стекловидность, число падения, количество и качество сырой клейковины. Проработаны методики определения натуры с помощью микропурки, стекловидности с использованием диафаноскопа, число падения на приборе ПЧП-7, количества клейковины ручным способом и определения качества клейковины на приборе ИДК-3М. Изучена и проведена работа на специальном приборе ИК-анализатор качества зерна «Инфарматик», который способен точно определять влажность, протеин (белок), зольность, маслиничность в зерновых и масличных культурах.

В лаборатории технологической оценки осуществляется анализ качества зерна набора отечественных и зарубежных сортов яровой мягкой пшеницы селекции разных

лет, выращенного в нескольких географических точках. Проект рассчитан на многолетние исследования.

Так, был произведен анализ натурной массы образцов, выращенных в условиях Дагестана. Пределы варьирования натуры 94 отечественных сортов разнообразного географического происхождения составили 668–850 г/л, образцы достоверно различались по F-критерию (43,5*), средняя натура составила 798,4 г/л. У 92 сортов иностранного происхождения натурная масса колебалась от 670 до 838 г/л, различия также были достоверны ($F = 24,0^*$), средние данные по указанному набору образцов составили 786,5 г/л.

ГОСТ 9353-2016 указывает, что по выраженности показателя натуры зерна, мягкая пшеница может быть отнесена к следующим классам: от 750 г/л – 1-2 класс, от 730 г/л – 3 класс, от 710 г/л – 4 класс, менее 710 г/л – 5 класс.

Сообразно данной классификации выборка изучаемых отечественных сортов по натуре распределилась следующим образом: 1-2 класс – 95,7% (90 образцов), 3 класс – 2,1% (2 образца), 5 класс – 2,1% (2 образца). Сорта зарубежной селекции: 1-2 класс – 96,7% (89 образцов), 3 класс – 2,2% (2 образца), 5 класс – 1,1% (1 образец). Поскольку все изучаемые сорта являются промышленными и использовались в сельскохозяйственном производстве, указанное распределение может говорить об адаптивности данных образцов к конкретным условиям выращивания. В целом по опыту, если судить по средним и максимальным значениям, можно отметить некоторую тенденцию на большую адаптивность сортов отечественной селекции по натурной массе зерна.

В дальнейшем оценка других технологических свойств и критериев качества зерна будет продолжена. Предполагается определение стекловидности, числа падения, количества и качества сырой клейковины, реологических свойств теста.

Работа выполнена при поддержке Минобрнауки России в рамках соглашения № 075-15-2020-911 от 16.11.2020 о предоставлении гранта в форме субсидий из федерального бюджета на осуществление государственной поддержки создания и развития научного центра мирового уровня «Агротехнологии будущего».

ОЦЕНКА КОЛЛЕКЦИИ КУЛЬТУРНЫХ ВИДОВ ОВСА НА УСТОЙЧИВОСТЬ К ЗАБОЛЕВАНИЯМ В ЛЕСОСТЕПИ ЗАУРАЛЬЯ

А.К. Таутекенова*, А.В. Любимова, Д.И. Еремин

Федеральный исследовательский центр «Тюменский научный центр Сибирского
отделения Российской академии наук», Научно-исследовательский институт сельского
хозяйства Северного Зауралья – филиал ТюмНЦ СО РАН, Тюмень, Россия,
*atautekenova@gmail.com

ASSESSMENT OF THE COLLECTION OF CULTIVATED OAT SPECIES FOR DISEASE RESISTANCE IN THE FOREST-STEPPE OF THE TRANS-URALS

A.K. Tautekenova*, A.V. Lyubimova, D.I. Eremin

Federal Research Centre “The Tyumen Scientific Centre of the Siberian Branch of the
Russian Academy of Sciences”, Research institute of agriculture for Northern Trans-Ural, branch
of the Tyumen Scientific Research Center SB RAS, Tyumen, Russia, *atautekenova@gmail.com

Болезни зерновых культур остаются важнейшими факторами снижения урожая и качества зерна. В Западной Сибири на овсе наиболее распространены пыльная головня возбудитель – гриб *Ustilago avenae* (Pers.) J.L. Jensen), корончатая ржавчина (*Puccinia coronata* Corda), корневые гнили (возбудитель – *Bipolaris sorokiniana* Shoemaker) и гельминтоспориоз листьев (*Pyrenophora chaetomioides* Speg.) (Любимова, Иваненко, 2021). Перспективным направлением для снижения потерь урожайности остается выведение и использование устойчивых к болезням сортов. Чаще всего в условиях Сибири заболевания на овсе проявляются преимущественно во второй половине вегетации, когда химическая обработка фунгицидами малоэффективна.

Исследования проводили с целью выявления сортов овса, устойчивых к местным расам патогенов. Материалом для исследований послужила коллекция культурных видов рода *Avena* L. Было исследовано 380 сортов и линий. Растительный материал был предоставлен учреждениями-оригинаторами сортов и ФГБНУ «Федеральный исследовательский центр Всероссийский институт генетических ресурсов растений имени Н.И. Вавилова (ВИР)». Исследования проводились на базе Научно-исследовательского института Северного Зауралья в 2022 г. Оценку устойчивости к болезням проводили в соответствии с методическими рекомендациями, разработанными отделом иммунитета ВИР (Методические указания..., 2012). Начало вегетационного периода было влажным и умеренно прохладным. Во время цветения овса установилась жаркая погода с обильными осадками в виде ливневых дождей. Созревание овса проходило в условиях теплой погоды с незначительными осадками. В 2022 году сложились благоприятные условия для развития самих как растений овса, так и его патогенов.

С момента кущения вся коллекция была поражена гельминтоспориозом с различной степенью поражения листьев. На таких сортах, как ‘Тюменский голозерный’, ‘Борец’ и ‘Факир’, пораженность растений достигала 90%. Эти сорта поражались гельминтоспориозом и при появлении вторичных стеблей (подгона). В минимальной степени поражались сорта ‘Азиль’, ‘Avenanuda’ (к-12582), ‘Экспресс’ и ‘Отрада’. Пыльная головня проявилась на сортах ‘Самсон 57’, ‘Першерон’, ‘MF 9521-281’.

Понижение температуры во второй половине вегетации и отсутствие дождей создало благоприятные условия для развития стеблевой и корончатой ржавчины. Максимальное проявление болезней было зафиксировано к моменту восковой спелости. Поэтому скороспелые сорта поражались только при наличии подгона. Наиболее устойчивыми были сорта Местный (к-15039), ‘Тюменский голозерный’, ‘Вятский’, ‘Першерон’, ‘Numbat’, ‘Pele’ и ‘Саян’. Максимально оказались поражены позднеспелые сорта ‘Эльбрус’, ‘Обыкновенный’, ‘Мутика 556’ и ‘Riby A’, ‘Hagruoba’.

Таким образом, при благоприятных условиях были выявлены перспективные генотипы для использования селекции на устойчивость к заболеваниям овса в Тюменской области.

Работа выполнена по государственному заданию № 122011300103-0 и при поддержке Западно-Сибирского межрегионального научно-образовательного центра мирового уровня.

Список литературы

Любимова А.В., Иваненко А.С. Овес в Тюменской области. Тюмень, 2021. 172 с. EDN ARNENM.

Методические указания по изучению и сохранению мировой коллекции ячменя и овса: методические указания / составители: И.Г. Лоскутов, О.Н. Ковалева, Е.В. Блинова; под редакцией И.Г. Лоскутова. 4-е издание, дополненное и переработанное. Санкт-Петербург: ВИР, 2012. 63 с. EDN QLCQDL.

ОЦЕНКА МУТАНТОВ ЯЧМЕНЯ В ПОКОЛЕНИИ М₅, М₆ ПО СКОРОСПЕЛОСТИ, УСТОЙЧИВОСТИ К ПОЛЕГАНИЮ И УРОЖАЙНОСТИ

Н.В. Тетяников

Федеральный научный селекционно-технологический центр садоводства
и питомниководства, Москва, Россия, tetyannikovnv@ya.ru

ASSESSMENT OF M₅ AND M₆ BARLEY MUTANTS FOR EARLINESS, LODGING RESISTANCE, AND YIELD

N.V. Tetyannikov

Federal Horticultural Center for Breeding, Agrotechnology and Nursery, Moscow, Russia,
tetyannikovnv@ya.ru

Спонтанные мутации рассматриваются как внезапные, наследственные изменения генетического материала, возникающие в популяциях растений и обуславливающие встречающееся в природе разнообразие. Для кратковременного повышения частоты мутаций применяют различные мутагенные агенты. Индуцирование мутаций методами химического и физического мутагенеза является признанным инструментом в селекции растений для расширения генетического разнообразия путем создания новых форм и улучшения имеющихся сортов по определенным ценным признакам.

В наших исследованиях для получения мутантов ячменя использовали химический мутаген фосфемид в двух концентрациях. После мутагенной обработки трех образцов (Зерноградский 813, к-30453, Россия, var. *erectum*; Dz02-129, к-22934, Эфиопия, var. *nigripallidum*; С.И. 10995, к-30630, Перу, var. *sinicum*) и проведения комплексной оценки в поколениях М₂–М₄ были выделены перспективные мутанты для дальнейшего проведения полевого и экологического испытания. В условиях юга Московской области, на дерново-подзолистых тяжелосуглинистых почвах изучались 40 мутантных форм. Контролем служили исходные образцы. Площадь учетной делянки – 2 м². Норма высева – 500 шт. Годы исследования существенно различались по тепло- и влагообеспеченности, что позволило оценить адаптивный и продуктивный потенциал мутантов в различных климатических условиях. Посев 2020 года проводился в оптимальные сроки (I декада мая), в то время как обильные осадки в начале мая 2021 года способствовали более позднему посеву (конец II декады мая).

В первый год исследований, вегетационный период растений составил 81–97 суток от полных всходов. Только у 5 мутантов наблюдалось ранее наступление фазы полной спелости (на 6 суток) в сравнении с контролем. Смещенные сроки посева во второй год испытаний отразились на сокращении межфазных периодов растений, полная спелость как мутантов, так и исходных образцов отмечена на 70–77 сутки. Диапазон изменчивости высоты растений в поколении М₅ составил 53,4–94,4 см, при среднем значении мутантов сорта Зерноградский 813 – $79,6 \pm 0,2$ см (CV = 0,35%); Dz02-129 – $82,1 \pm 2,3$ см (CV = 7,79%); С.И. 10995 – $72,3 \pm 1,9$ см (CV = 14,54%), что соответствует средненизкому и среднерослому морфотипу. В поколении М₆ большинство растений были низкорослыми, варьирование данного признака наблюдалось в пределах от 52,4 до 66,6 см. Среднее популяционное значение – 59,4 см (CV = 5,32%). При этом корреляция между высотой растений и устойчивостью к полеганию в первый год испытаний была обратная $r = -0,558$; во второй год взаимосвязь между рассматриваемыми признаками не наблюдалась ($r = 0,015$). Урожайность мутантов ячменя значительно отличалась и в среднем по годам составила 104,7 г/м² (CV = 101,29%) и 55,5 г/м² (CV = 51,95%), при максимальном значении – 442,5 г/м² и 131,2 г/м² в 2020 и 2021 году соответственно. Сопряженность между урожайностью и высотой растений в первый год исследования была средней силы ($r = 0,503$), во второй – слабой ($r = 0,258$). По результатам предварительной оценки (2020–

2021 гг.), к числу мутантов, превышающих исходные образцы по урожайности (на 1,9–36,7%), и характеризующиеся высокой устойчивостью к полеганию (7–9 баллов) относятся Р_п2(39), Р_п9(37), Э_п6(1), Э_п9(2), П_п7(12), П_п5(15), с вегетационным периодом 77–87 суток.

PHENOBOARD – НОВЫЙ ИНСТРУМЕНТ ДЛЯ ОБРАБОТКИ ДАННЫХ СИСТЕМ ЦИФРОВОГО ФЕНОТИПИРОВАНИЯ РАСТЕНИЙ

**Д.С. Ульянов, М.Г. Дивашук, А.А. Ульянова, Д.Ю. Литвинов, А.А. Кочешкова,
Г.И. Карлов**

Всероссийский научно-исследовательский институт сельскохозяйственной
биотехнологии, Москва, Россия, uldas1508@gmail.com

PHENOBOARD: A NOVEL TOOL FOR PROCESSING DIGITAL PHENOTYPING DATA

**D.S. Ulyanov, M.G. Divashuk, A.A. Ulyanova, D.Y. Litvinov, A.A. Kocheshkova,
G.I. Karlov**

All-Russia Research Institute of Agricultural Biotechnology, Moscow, Russia,
uldas1508@gmail.com

Цифровое фенотипирование – сравнительно молодая и активно развивающаяся область науки. Оно позволяет в краткие сроки изучить большое количество образцов, получить характеристики, невидимые глазу человека, не требуя при этом вмешательства в рост растений. В отличие от традиционных методов селекции, подразумевающих определение фенотипа растений через ручное измерение и внешние оценки, системы цифрового фенотипирования позволяют получить более точные данные менее трудоемким методом и, тем самым, ускорить процесс селекции.

В настоящее время существует порядка 30 различных систем для цифрового фенотипирования растений как в контролируемых лабораторных условиях, так и в поле. Часто такие приборы состоят из сканеров с RGB, RGB+NIR, либо мультиспектральными камерами.

В дополнение к самим приборам производители предоставляют различные программы, в которых можно изучить полученные данные. Однако, их функционала часто оказывается недостаточно, кроме того, там часто нельзя провести сложную статистическую обработку. На этот случай, ключевые измерения доступны пользователям в виде csv таблиц, содержащих данные о постановке и ходе эксперимента.

Для дальнейшей обработки данных таблиц нами был создан интерактивный стенд PhenoBoard. Он написан на Python 3 и работает на платформе Jupyter Notebook, активно используя доступные в ней виджеты. Функционал интерактивного стенда включает:

- фильтрацию выбросов в данных на уровнях отдельных измерений и образцов;
- группировку близких временных точек в кластеры для совместного анализа;
- выбор комплексных фильтров для различных анализируемых групп образцов;
- вывод в реальном времени инфографики для выбранных данных с возможностью настройки параметров отображения и сохранения результатов в формате.svg;
- проведение статистических исследований для выбранных срезов данных по одному клику.

В качестве системы для экспериментов использовался TraitFinder производства Phenospex. Экспериментальные данные обрабатывались с помощью PhenoBoard, позволявшего выявить статистически значимые для эксперимента факторы.

С этим сочетанием оборудования и программного обеспечения нами были проведены сканирования множества разнообразных растений, включая такие сельскохозяйственные культуры как пшеница, картофель, салат, соя и многие другие. Также, исследовались разнообразные растения, представляющие декоративную ценность: азалия, плющ, папоротник, хлорофитум, сансевиерия и т. д.

ЗНАЧЕНИЕ МАША [*VIGNA RADIATA* (L.) WILCZEK] КАК ЕСТЕСТВЕННОГО ИСТОЧНИКА ПИТАТЕЛЬНЫХ ВЕЩЕСТВ

А.Р. Усманова*, М.О. Бурляева, Г.И. Филипенко

Федеральный исследовательский центр Всероссийский институт генетических ресурсов растений имени Н.И. Вавилова, Санкт-Петербург, Россия, *alina.usm@mail.ru

SIGNIFICANCE OF MUNG BEAN [*VIGNA RADIATA* (L.) WILCZEK] AS A NATURAL SOURCE OF NUTRIENTS

A.R. Usmanova*, M.O. Burlyueva, G.I. Philipenko

N.I. Vavilov All-Russian Institute of Plant Genetic Resources, St. Petersburg, Russia, *alina.usm@mail.ru

Маш *Vigna radiata* (L.) Wilczek является теплолюбивой короткосезонной бобовой культурой, которую выращивают в тропических и субтропических регионах (Tang et al., 2014). В России его можно успешно возделывать на территории Южного Федерального округа и на Дальнем Востоке, где температуры во время вегетации растений около +28...+30°C и всегда выше +15°C (Вишнякова и др, 2018). Культура имеет значительную агрономическую ценность, благодаря своей способности произрастать в засушливых и полувасушливых районах (Stagnari et al., 2017).

В последнее время в мире возросло потребление ростков бобовых культур, особенно среди людей, заботящихся о своем здоровье. Среди таких культур наиболее популярен маш, который выделяется высоким содержанием белков и значительным количеством биологически активных веществ. Проростки маша являются важнейшим источником белка, аминокислот, витаминов и минеральных веществ, отличаются невысокой калорийностью и низким гликемическим индексом, что позволяет включать их в различные диеты. В проростках содержится белка 31,3–31,9% (Van Hung, et al., 2020), аминокислот (0,237 мг/г), жиров (0,08мг/г), хлорофилла *a* и *b* (0,01 и 0,0238 мг/г, соответственно) (Madar et al., 2017). В семенах содержание белка 20–24% (Wang et al., 2004); аминокислот (0,04 мг/г), жиров (0,072 мг/г), хлорофилла *a* и *b* (0,009 и 0,0228 мг/г, соответственно) (Madar et al., 2017), олигосахаридов – (50%–60%) от всей массы семени и полифенолов 583 мкг/г в сырой массе (Randhir et al., 2004). Следует отметить, что глобулин и альбумин составляют более 60% и 25% от общего белка семян маша, соответственно. Благодаря высокому содержанию белка и хорошей усвояемости потребление маша совместно со злаками может значительно повысить качество рациона питания и сбалансированность белка в еде (Wang et al., 2004). В семенах и ростках маша идентифицировано двенадцать фенольных кислот (Sawa et al., 1999), 21 органическая кислота, в том числе фосфорная и лимонная кислоты, и 16 липидов, включая γ-токоферол (Bowles, 1999). Продукты из семян и проростков маша обладают антиоксидантной, антимикробной, противовоспалительной и противоопухолевой активностями (Tang et al., 2014). Проростки маша употребляют в виде свежего овощного салата, из семян готовят каши, супы и другую пищу в странах Юго-Восточной Азии, США и Европы (Lambrides, 2007).

Семена маша имеют гораздо большее содержание углеводов (50–60%), чем семена сои, при этом крахмал является преобладающим в них сложным углеводом. Из-за высокого содержания крахмала семена маша обычно используются для производства крахмалистой лапши и других кондитерских изделий.

Энергетическая ценность семян маша и его проростков ниже, чем у зерновых культур, что полезно для использования в питании людей с ожирением и диабетом (Zheng, 1999). Кроме того, ингибиторы трипсина, гемагглютинин, дубильные вещества

и фитиновая кислота, найденные в маше, способствуют улучшению пищеварению и устранению токсинов из организма (Lin, 1997).

В необработанных семенах маша содержатся антипитательные вещества: ингибиторы трипсина, фитиновая кислота, α -галактозиды, которые могут снижать перевариваемость и всасываемость питательных веществ (Van Hung et al., 2020, Hou et al., 2019; Vidal-Valverde et al., 2003). Для устранения этих факторов были разработаны методы, такие как замачивания семян в воде, термическая обработка, ферментация или проращивание (Hou et al., 2019).

В течение нескольких последних лет было показано, что семена маша после процедуры проращивания обладают более выраженной биологической активностью и большим количеством вторичных метаболитов (Tang et al., 2014). Было выявлено двенадцать фенольных кислот в семенах и проростках маша, среди которых: п-гидроксibenзойная, галловая, шикимовая, гентизиновая и т. д. (Sosulski, Dabrowski, 1984; Sawa et al., 1999). Обнаруженные в семенах флавоноиды – витексин (51,1 мг/г-1) и изовитексин (51,7 мг/г-1) обладают антиоксидантной активностью (Li, et al., 2012; Dong Kwan et al., 2008). Высокий уровень фенолов и флавоноидов наделяет маш способностью удалять радикалы 1,1-дифенил-2-пикрилгидразил (DPPH), ингибировать тирозиназы и проявлять антипролиферативную и алкогольдегидрогеназную активность (Kim et al., 2012). Проращивание рекомендуют как наиболее экономичный и эффективный метод, повышающий питательную ценность и усвояемость бобовых культур по сравнению с другими способами их приготовления (Kapravelou et al., 2020). Исследования показали, что на 5–7 день прорастания у семян *V. radiata* сорта ‘Emerald’ на 389% увеличивалось ингибирование перекисного окисления липидов. В течение 7 дней проращивания семян маша, их SOD-подобная активность увеличивалась на 308%, что говорит о том, что проростки имеют большую антиоксидантную способность, в отличие от семян (Fernandez-Orozco et al., 2008).

Проращивание семян маша не только индуцирует образование ферментов, вызывающих элиминацию или уменьшение количества антипитательных соединений (уровни ингибиторов трипсина и дубильных веществ снижались в течение 72 ч) и неперевариваемых факторов в семени, но и повышает его питательную ценность за счет увеличения содержания свободных аминокислот (лейцин, изолейцин и валин), минералов (Na, K, Ca, P, Mg, Fe and Mn) и пищевых волокон и снижение содержания жиров и общего количества углеводов (крахмал, стахиоза и рафиноза, редуцирующие сахара) (El-Adawy et al., 2004). В ростках маша содержатся биологически активные метаболиты с антиоксидантными, антимикробными, противовоспалительными, противодиабетическими, гипотензивными, противоопухолевыми свойствами, полезными для здоровья. Пища, приготовленная из семян или ростков маша, не только является биологически активной добавкой к блюдам, но также может использоваться как лекарственное средство (Tang et al., 2014; Ullah et al., 2014). Семена и проростки маша с высокими уровнями фенолов и флавоноидов, связывающих 1,1-дифенил-2-пикрилгидразильных радикалы (DPPH), ингибиторов тирозиназы, обладающих антипролиферативной и алкогольдегидрогеназной активностью могут быть рекомендованы в качестве противоопухолевых профилактических средств в дополнение к надлежащим рецептурным препаратам (Kim et al., 2012).

ВЛИЯНИЕ БИОТИЧЕСКИХ И АБИОТИЧЕСКИХ ФАКТОРОВ СРЕДЫ НА ПОПУЛЯЦИИ ТЕТРАПЛОИДНОЙ КУКУРУЗЫ В УСЛОВИЯХ КАБАРДИНО-БАЛКАРИИ

М.Ю. Хакулова¹, Б.Р. Шомахов¹, Р.С. Кушхова¹, З.Т. Хаширова¹,
А.Х. Гяургиев¹, Р.А. Кудиев¹, Э.Б. Хатефов^{1,2*}

¹ Федеральный научный центр «Кабардино-Балкарский научный центр Российской академии наук», Институт сельского хозяйства КБНЦ РАН, Нальчик, Россия.

² Федеральный исследовательский центр Всероссийский институт генетических ресурсов растений имени Н.И. Вавилова, Санкт-Петербург, Россия, *haed1967@rambler.ru

THE EFFECT OF BIOTIC AND ABIOTIC ENVIRONMENTAL FACTORS ON TETRAPLOID MAIZE POPULATIONS UNDER THE CONDITIONS OF KABARDINO-BALKARIA

M.Y. Khakulova¹, B.R. Shomakhov², R.S. Kushkhova², Z.T. Khashirova²,
A.Kh. Gyaurgiev², R.A. Kudayev², E.B. Khatefov^{1,2}

¹ Kabardin-Balkar Scientific Center of Russian Academy of Sciences, Institute of Agriculture of the KBSC RAS, Nalchik, Russia.

² N.I. Vavilov All-Russian Institute of Plant Genetic Resources, St. Petersburg, Russia, haed1967@rambler.ru

Проведены исследования семенной продуктивности в шести популяциях тетраплоидной кукурузы. Популяции различаются между собой по ширине генетического полиморфизма и наличия в геноме различных долей генома *E. perennis* Hitck ($2n=40x$). Основными вредителями и болезнями кукурузы, возделываемой в Кабардино-Балкарии, являются: *Ostrinia nubilalis* Hbn-botus. – кукурузный мотылек, *Heliothis obsoleta* Farb. – хлопковая совка, *Ustilago zaeae* Beckm. – пузырчатая головня, *Fusarium moniliforme* Sheld. – фузариоз початка

В процессе исследований было установлено, что генотипы кукурузы, с опушенным стеблем с закрытой верхушкой початков и плотными обертками початков, слабо поражались совкой, тогда как образцы с выступающими над обертками початком и не опушенным стеблем поражались совкой гораздо сильнее. Популяции тетраплоидной кукурузы показали относительно стандарта большую восприимчивость к болезням и повышенную устойчивость к вредителям. Возможно, что это связано с более плотной и жесткой тканью листьев и стебля тетраплоидной кукурузы, которое труднее прогрызается вредителями.

По устойчивости к фузариозу початка выделены популяции № 2 и № 4, по устойчивости к пузырчатой головне – № 3 и № 4, по устойчивости к хлопковой совке – № 1 и № 2, к стеблевому мотыльку – № 1, № 2, № 4, № 6. По признаку устойчивости к хлопковой совке группы I и II имеют равные значения. Популяции с различной шириной генетического полиморфизма показали повышенную устойчивость в группе В к пузырчатой головне, группы А – к хлопковой совке и группы А и С – к стеблевому мотыльку относительно стандарта.

Для возможной передачи линиям кукурузы признака устойчивости к стеблевому мотыльку были использованы образцы теосинте, обладающие признаком опушенности стебля из коллекции ВИР. Всего из потомства гибрида между теосинте и кукурузой было выделено более 50 вариантов линий с различной степенью опушенности стебля.

Из изученных в опыте популяций было выделено 6 линий, отличавшихся стабильно устойчивостью на естественном фоне, к стеблевому мотыльку. Наравне с устойчивостью к мотыльку, генетический материал теосинте способствует проявлению признака многопочатковости у кукурузы, который имеет немаловажное значение при

селекционном улучшении кукурузы. Характерной особенностью многопочатковых популяций кукурузы с генетическим материалом теосинте является синхронное цветение всех ярусов початков на растении, тогда как в популяциях без генетического материала теосинте початки цветут поочередно, начиная с верхнего.

Исследования по селекционному улучшению кукурузы в связи с изменением климата требует от селекционеров поиска новых форм кукурузы, способных формировать высокие урожаи зерна за счет использования новых агроклиматических условий роста. При этом следует тщательно отбирать генотипы, устойчивые к новым популяциям вредителей и возбудителям болезней кукурузы, которые неизбежно сопутствуют изменению климата. Для достижения этих целей достаточно эффективным является использование традиционных методов селекции с привлечением селекционного материала, обладающего широким полиморфизмом хозяйственно ценных признаков.

Оценка устойчивости популяций тетраплоидной кукурузы к засухе осуществлялось в особо засушливый 2019 и 2020 гг., а к возвратным весенним холодам и полеганию в 2021 г. полученные результаты показали абсолютное преимущество тетраплоидных популяций кукурузы перед диплоидным стандартом во всех вариантах. Из изученных популяций максимальное значение устойчивости к засухе имела популяция № 6 и близкие к ней значения – популяции № 4 и № 5. По значению холодостойкости выделена популяция № 5 и близкая к ней по значению популяция № 6. Изучение устойчивости к полеганию и перестоя в поле позволил выделить популяцию № 5 как максимально устойчивую. Возможно, что морфобиологические особенности тетраплоидной кукурузы (мощная корневая система, толстые стебель, лист, стержень початка) способны накапливать и удерживать больше влаги, чем растения диплоидной кукурузы, что в свою очередь способствует ее повышенной засухоустойчивости. Повышенная концентрация сахаров в клеточном соке проростков тетраплоидной кукурузы способствует устойчивости к кратковременным заморозкам на начальных этапах органогенеза, а утолщение стенок сосудов и плотность тканей стебля способствует устойчивости к полеганию и перестоя на корню в поле.

Популяции тетраплоидной кукурузы и некоторые их рекомбинанты с высокой зерновой продуктивностью различаются по признакам: урожай зерна и зеленой массы, энергетической емкости зерна, химического состава и качества зерна (белок, масло, сахар), устойчивости к патогенам грибов *Ustilago zae* Beckm, *Fusarium moniliforte* Sheld, вредителям *Heliothis obsoleta* Farb., *Ostrinia nubilalus* Hbn., к засухе и весенним заморозкам, полеганию. Популяции и гибриды тетраплоидной кукурузы отличаются экологической пластичностью и стабильностью ($S^2_i = 9,44$, $b_i = 0,69$), высокой общей и специфической комбинационной способностью ($G_i = 0,86$, $Q^2_{Si} = 4,41$ – на влагообеспеченном фоне, $G_i = 2,92$, $Q^2_{Si} = 1,87$ – на засушливом фоне).

БИОХИМИЧЕСКИЙ СОСТАВ ЛИСТЬЕВ ЗЕМЛЯНИКИ ИЗ КОЛЛЕКЦИИ ВИР В ОСЕННИЙ ПЕРИОД

А.А. Харченко*, А.Е. Соловьева, В.С. Попов, Л.Ю. Новикова

Федеральный исследовательский центр Всероссийский институт генетических ресурсов растений имени Н.И. Вавилова, Санкт-Петербург, Россия, *akkhara47@yandex.ru

BIOCHEMICAL COMPOSITION IN LEAVES OF STRAWBERRY ACCESSIONS OF VARIOUS ORIGIN FROM THE VIR COLLECTION IN AUTUMN

A.A. Kharchenko, A.E. Solovyeva, V.S. Popov, L.Yu. Novikova

N.I. Vavilov All-Russian Institute of Plant Genetic Resources, St. Petersburg, Russia, akkhara47@yandex.ru

Среди ягодных культур РФ по уровню объема производства продукции лидирует земляника садовая, отличающаяся высокой рентабельностью. Однако одним из лимитирующих факторов возделывания культуры в нашей стране является ее невысокая зимостойкость. Земляника является культурой с поздним осенним ростом, долгой закладкой и дифференциацией генеративных органов, неглубоким физиологическим покоем. Большинство видов земляники способно сохранять зеленые листья круглый год, т. е. принадлежат к летне-зимнезеленому типу. На зимостойкость растений влияет их происхождение, погодные условия в период вегетации и плодоношения, эффективность протекания адаптивного процесса осенью, когда при температуре около 6°C начинается закаливание. В осенний период листья и происходящие в них процессы необходимы для запасаания соединений и запасных веществ в рожке.

Цель исследования – изучение биохимических показателей листьев земляники в период закаливания. Изучен биохимический состав листьев 17 образцов земляники (*Fragaria* L.) коллекции ВИР различного эколого-географического происхождения: 6 из европейской части России, 7 из азиатской части России, 3 из зарубежной Европы, 1 образец из Южной Америки. Представлены 9 видов: *F. × ananassa* Duch. (6 образцов), *F. viridis* Duch. (3), *F. orientalis* Losinsk. (3), *F. × bifera* Duch. (1), *F. mandshurica* Staudt (1), *F. moschata* Duch. (1), *F. chiloensis* (L.) Miller (1) и один гибрид *F. vesca* × *F. mandshurica*. Четыре образца относятся к летнезеленому, остальные – к летне-зимнезеленому типу. Представлены 4 группы плоидности: от ди- до октаплоидов.

Сбор листьев осуществлен в середине октября 2021 года, биохимический анализ произведен 21–26 октября. Температура в середине октября соответствовала началу закаливания земляники, средняя температура второй декады октября составила 5,2°C. Определены 25 показателей: сухой вес (%), содержание аскорбиновой кислоты (мг/100 г), моносахаров (%), дисахаров (%), сумм сахаров (%), общая кислотность (% к блочной кислоте), антоцианы (мг/100 г); фенольные соединения (мг*экв ГК/г); антиоксидантная активность (мкг*экв АК/г), DPPH (%); хлорофиллы *a*, *b* и суммарно (мг/100 г); каротиноиды, каротины, β-каротин (мг/100 г); лютеин (мг/100 г), виолксантин (мг/100 г); ксантофилл (мг/100 г), дубильные вещества с желатином и без желатина (%), танина (%).

Для выявления дифференцирующих биохимических показателей и группировки образцов был использован метод главных компонент (РСА), различия выделенных групп по отдельным показателям исследованы критерием Манна-Уитни в пакете Statistica 13.3. В исследовании принят уровень значимости 5%.

РСА показал, что по критерию «каменистой осыпи» важны 5 компонентов (факторов), объясняющих 83,4% вариабельности. Фактор 1 (30,1%) связан с содержанием хлорофиллов (наиболее сильно – хлорофилла *b*, а также каротиноидов, каротинов, виолксантина и ксантифилла); Фактор 2 (23,8%) – с содержанием дубильных веществ (а также танинов, фенольных соединений и суммы сахаров); Фактор 3 (10,5%) –

антоцианов; Фактор 4 (9,7%) – аскорбиновой кислоты; Фактор 5 (9,3%) – с содержанием дисахаров.

По фактору 1 разделились образцы азиатского и европейского происхождения: азиатские образцы выделяются низким содержанием хлорофиллов (а также каротинов, каротиноидов, виолоксантина и ксантофилла), европейские – высоким. По фактору 2 азиатские образцы также показали тенденцию к более низкому, чем в среднем по выборке, содержанию дубильных веществ.

Критерий Манна-Уитни показал достоверное более низкое содержание в азиатских образцах по сравнению с европейскими сухого вещества (уровень значимости различий $p = 0,034$), моносахаров ($p = 0,045$), фенольных соединений на сырой вес ($p = 0,007$) и на сухой вес ($p = 0,010$), дубильных веществ (с желатином, $p = 0,025$, без желатина $p = 0,010$), танина ($p = 0,034$), хлорофилла *a* ($p = 0,045$), хлорофилла *b* ($p = 0,025$), суммы хлорофиллов ($p = 0,034$), каротинов ($p = 0,018$), β -каротина ($p = 0,045$).

Четыре образца с летнезеленым феноритмотипом (все азиатского происхождения) так же, как и вся азиатская группа, характеризуются достоверно более низким содержанием ряда веществ по сравнению с образцами летне-зимнезеленого феноритмотипа: фенольных соединений на сырой вес ($p = 0,042$) и сухой вес ($p = 0,024$), дубильных веществ (с желатином, $p = 0,007$), хлорофилла *a* ($p = 0,007$), хлорофилла *b* ($p = 0,013$), суммы хлорофиллов ($p = 0,007$), суммы каротинов ($p = 0,007$), β -каротина ($p = 0,009$).

По результатам исследования в биохимическом составе листьев в осенний период выявлено, что группа образцов азиатского происхождения, адаптированных к более суровым зимним условиям, характеризовалась более быстрым снижением содержания хлорофилла и низким содержанием дубильных веществ.

ВВЕДЕНИЕ СОРТОВ СМОРОДИНЫ ЧЕРНОЙ СЕЛЕКЦИИ ПОС ВИР В КУЛЬТУРУ *IN VITRO*

А.Б. Хвостова¹, М.А. Ярцева¹, Ю.В. Ухатова^{2*}

¹ Федеральный исследовательский центр Всероссийский институт генетических ресурсов растений имени Н.И. Вавилова, Полярная опытная станция – филиал ВИР, Апатиты, Россия

² Федеральный исследовательский центр Всероссийский институт генетических ресурсов растений имени Н.И. Вавилова, Санкт-Петербург, Россия, *y.ukhatova@vir.nw.ru

INTRODUCTION OF BLACK CURRANT CULTIVARS DEVELOPED AT THE POLAR EXPERIMENT STATION OF VIR INTO *IN VITRO* CULTURE

A.B. Khvostova¹, M.A. Yartseva¹, Yu.V. Ukhatova^{2*}

¹ N.I. Vavilov All-Russian Institute of Plant Genetic Resources, Polar Experimental Station of VIR, Apatity, Russia

² N.I. Vavilov All-Russian Institute of Plant Genetic Resources, St. Petersburg, Russia, *y.ukhatova@vir.nw.ru

В настоящее время в полевых условиях Полярной опытной станции – филиала ВИР (ПОС ВИР, Полярной ОС) в коллекции ягодных культур в живом виде поддерживается 460 образцов, в том числе 144 образцов смородины черной и 15 образцов смородины красной. С использованием источников хозяйственно ценных признаков (крупноплодность, раннеспелость, биохимический состав плодов) были созданы сотрудниками станции семь сортов черной смородины ('Подарок Заполярья', 'Имандра', 'Мурманчанка', 'Памяти Бредова', 'Кольский сувенир', 'Сюрприз Елсаковой', 'Северное сияние') и пять сортов красной смородины ('Светлана', 'Сережка', 'Татьяна', 'Лапландия', 'Заря Заполярья'). Все сорта, выведенные сотрудниками Полярной ОС черной и красной смородины, занесены в реестр Государственных селекционных достижений. Данные сорта самоплодные, имеют разные сроки созревания – от ультраранних до поздних. Они являются уникальными, устойчивыми к стрессовым условиям Арктической зоны Кольского Заполярья, имеют длительный период покоя, раннее созревание, высокие урожаи от 5,4 до 8,2 кг с куста с высокими показателями содержания витаминов и микроэлементов, что особенно актуально для жителей Заполярья.

Целью настоящей работы было введение в культуру *in vitro* сортов смородины черной селекции ПОС ВИР, что позволит сохранить уникальный генетический материал данных сортов для дальнейшего изучения, оздоровления и получения чистого от вирусов посадочного материала.

Растительный материал для введения смородины черной селекции сотрудников ПОС ВИР был представлен верхушечными однолетними черенками длиной 15–20 см, собранными в июне и сентябре 2022 г. с полевой коллекции Полярной ОС.

Работы по введению в культуру *in vitro* осуществляли согласно методическим указаниям ВИР «Сохранение вегетативно размножаемых культур в *in vitro* и криоколлекциях» (Дунаева и др., 2017). В качестве питательной среды для введения в асептические условия использовали протоколы сред для инициации смородины (среда МС с добавлением 0,1 мг/л БАП, 0,2 мг/л ГК) и малины (среда Андерсона с добавлением 1 мг/л БАП, 0,1 мг/л ГК и 0,1 мг/л ИМК).

В результате оценки эффективности введения в стерильные условия экспланты на среде, рекомендованной для смородины, стали массово гибнуть через 14 дней, был отмечен некроз тканей и остановка в развитии. Пересадка на свежую среду такого же состава не дала результатов. Экспланты на среде, рекомендованной для малины,

продолжали расти и формировать новые побеги. Процент прижившихся эксплантов варьировал в зависимости от сорта от 38% у сорта 'Мурманчанка' до 77% у сорта 'Хибинская поздняя'.

Таким образом, в результате проведенной работы в культуру *in vitro* были успешно введены семь сортов смородины черной селекции сотрудников Полярной опытной станции ВИР.

АДАПТИВНЫЙ ПОТЕНЦИАЛ ПЫЛЬЦЫ ЧЕРЕМУХИ (*PADUS MILL.*) К ВОЗДЕЙСТВИЮ УЛЬТРАНИЗКИХ ТЕМПЕРАТУР

А.А. Хохленко*, М.В. Ерастенкова, С.Ю. Орлова, М.Н. Ситников, В.Г. Вержук
Федеральный исследовательский центр Всероссийский институт генетических ресурсов растений имени Н.И. Вавилова, Санкт-Петербург, Россия, *annhohlenko@yandex.ru

ADAPTABILITY POTENTIAL OF BIRD CHERRY (*PADUS MILL.*) POLLEN UNDER ULTRALOW TEMPERATURES

A.A. Khokhlenko*, M.V. Erastenkova, S.Yu. Orlova, M.N. Sitnikov, V.G. Verzhuk
N.I. Vavilov All-Russian Institute of Plant Genetic Resources, St. Petersburg, Russia,
*annhohlenko@yandex.ru

При сохранении генетических ресурсов плодовых культур важную роль играет криоконсервация пыльцы растений. Криохранение жизнеспособных пыльцевых зерен позволяет круглогодично обеспечивать и широко обмениваться генетическим материалом, как внутри страны, так и за ее пределами. Это снижает до минимума потерю ценных образцов и сокращает материальные затраты на поддержание растительных ресурсов.

Черемуха является ценной декоративной, пищевой и лекарственной культурой, обладая широким ареалом произрастания, включая зоны умеренного климата. Сорта отличаются устойчивостью к температурам $-40...-50^{\circ}\text{C}$, культура неприхотлива и легко размножаема, в период цветения черемуха выделяет большое количество фитонцидов, которые очищают воздух, подавляя жизнедеятельность патогенных микроорганизмов. В мякоти плодов черемухи обнаружены сахара (до 5%), органические кислоты (до 0,57%: яблочная, лимонная), дубильные вещества (до 0,48%), красящие вещества, витамин С, каротин, макро- и микроэлементы (накапливает медь, кобальт). В ягодах черемухи также содержатся антоцианы в высокой концентрации (примерно 10%), что делает культуру мощным природным антиоксидантом. Листья содержат аскорбиновую кислоту (около 200 мг), синильную кислоту (до 0,06%), в коре присутствуют амигдалин (до 2%), свободная синильная кислота (около 0,1%), гликозид прулауразин, дубильные вещества (до 3%). Черемуха – хороший медонос, медопродуктивность достигает 25–35 кг/га. Селекционная работа с культурой началась недавно, урожайность новых сортов составляет 10–25 кг с дерева. Для северных регионов с суровым климатом черемуха может стать основным продуцентом витаминов и решением проблемы авитаминоза населения. Поэтому исследование новых сортов черемухи представляет селекционный интерес, а ее пыльца имеет необходимость в криосохранении.

Изучение адаптивного потенциала пыльцы черемухи к воздействию сверхнизких температур (-196°C) было проведено на восьми сортах: 'Августина', 'Апачи', 'Мавра', 'Навахо', 'Памяти Саламатова', 'Самоплодная', 'Чёрный блеск', 'Чероки'. Пыльца собрана в 2021 году в НПБ «Пушкинские и Павловские лаборатории ВИР». В период цветения пыльцу извлекали из бутонов и подсушивали, затем помещали в криопробирки и замораживали методом витрификации – непосредственным погружением в жидкий азот. Инкубация в азоте составила два месяца, после извлечения из криотанков пыльцу размораживали при комнатной температуре, затем проводили оценку жизнеспособности путем проращивания на питательной среде.

В результате были получены следующие данные: исходная жизнеспособность пыльцы составила от 10,96% до 38,32%, после криохранения от 9,45% до 43,39%. Наибольшую жизнеспособность пыльцы при воздействии ультранизких температур показал сорт 'Чероки' (43,39%). Наименьшая жизнеспособность была выявлена у сорта 'Памяти Саламатова' и составила 9,45%. Большинство образцов указали на тенденцию к небольшому увеличению жизнеспособности, в среднем на 6,48%, после криогенного

хранения. Однако у таких сортов, как 'Мавра', 'Памяти Саламатова' и 'Самоплодная' было зафиксировано незначительное снижение, в среднем на 1,3%. Оценка адаптивного потенциала пыльцы черемухи позволяет сделать вывод, что пыльца данного растения хорошо переносит воздействие ультранизких температур.

ПОЛУЧЕНИЕ И ИЗУЧЕНИЕ ЛИНИЙ МЯГКОЙ ПШЕНИЦЫ СОРТА 'БЕЗОСТАЯ 1' С КОМБИНАЦИЕЙ ДОМИНАНТНЫХ АЛЛЕЛЕЙ ЛОКУСОВ *VRN-A1* И *VRN-B1*

Е.В. Чуманова*, Т.Т. Ефремова

Федеральный исследовательский центр Институт цитологии и генетики Сибирского
отделения Российской академии наук, Новосибирск, Россия, *chumanova@bionet.nsc.ru

PRODUCTION AND STUDY OF CV. 'BEZOSTAYA 1' COMMON WHEAT LINES WITH A COMBINATION OF DOMINANT ALLELES OF *VRN-A1* AND *VRN-B1* LOCI

E.V. Chumanova*, T.T. Efremova

Institute of Cytology and Genetics, Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences,
Novosibirsk, Russia, *chumanova@bionet.nsc.ru

Изучение генетических основ продолжительности вегетационного периода мягкой пшеницы в частности, времени колошения, имеет огромное практическое значение, поскольку аллельное разнообразие генов *VRN* во многом определяет широкую адаптацию пшеницы к условиям внешней среды. Описано несколько аллельных вариантов локусов *VRN-1*: *VRN-A1*, *VRN-B1* и *VRN-D1*, расположенных в хромосомах 5A, 5B и 5D соответственно, определяющих отсутствие потребности в яровизации, и разработаны аллель-специфичные праймеры, подобранные для последовательностей промотора и первого интрона, широко используемые для изучения аллельного разнообразия локусов *VRN-1* у сортов и линий мягкой пшеницы (Yan et al., 2004; Fu et al., 2005; Shcherban et al., 2012).

Показано неодинаковое влияние разных аллелей *VRN-1* и их комбинаций на продолжительность периода «всходы – колошение» и продолжительность отдельных фаз развития, а также на продуктивность. Установлено, что наиболее скороспелыми среди моногенных носителей являются генотипы, несущие доминантный аллель *Vrn-A1a*. Кроме того, *Vrn-A1a* определяет более раннее колошение, чем аллели *Vrn-B1a* и *Vrn-B1c*, а аллель *Vrn-B1c*, в свою очередь, уменьшает продолжительность периода «всходы – колошение», по сравнению с аллелем *Vrn-B1a* (Емцева и др., 2013). Генотип большинства сортов России и Западной Сибири в основном определяется двумя доминантными генами – *VRN-A1* и *VRN-B1* (*Vrn-B1a* и *Vrn-B1c*), что позволяет сочетать скороспелость с высокой урожайностью.

Чрезвычайно важным является интрогрессия в геном мягкой пшеницы новых аллелей генов *VRN-1* от других видов пшеницы, поскольку аллельное разнообразие мягкой пшеницы весьма ограничено по сравнению с другими представителями рода *Triticum* L. Так, авторами получена изогенная линия озимого сорта 'Безостая 1' (Без1) с аллелем *Vrn-A1L*, интрогрессированным от гексаплоидной пшеницы *Triticum aestivum* subsp. *petropavlovskiyi* и показано, что эффект *Vrn-A1L* связан с существенным увеличением продолжительности вегетационного периода по сравнению с *Vrn-A1a*. Поэтому было интересно изучить эффекты взаимодействия аллеля *Vrn-A1L* в сочетании с *Vrn-B1a* и *Vrn-B1c* на время колошения путем комбинирования данных аллелей в генотипической среде озимого сорта 'Безостая 1'.

Для этого две почти изогенные линии (i:Без1 *Vrn-B1a* и i:Без1 *Vrn-B1c*) были скрещены с i:Без1 *Vrn-A1L* и проведено их самоопыление для получения гибридов F₂. Идентификация доминантных и рецессивных аллелей локуса *VRN-1* в поколениях гибридов проводилась с использованием молекулярных маркеров: Ex1/C/F, Intr1/A/R3 (*Vrn-A1L*) и Intr1/C/F, Intr1/AB/R (*vrn-A1*); Intr1, Intr1/B/R3 (*Vrn-B1a* и *Vrn-B1c*) и Intr1/B/F, Intr1/B/R4 (*vrn-B1*). Гомозиготные растения с двумя доминантными аллелями в поколении F₂ не были выделены ни в одной комбинации. При самоопылении растений с генотипами

Vrn-A1L Vrn-A1L Vrn-B1a vrn-B1 и *Vrn-A1L Vrn-A1L Vrn-B1c vrn-B1* в поколении F₃ удалось выделить гомозиготные растения линий Без1 *Vrn-A1L Vrn-B1a* (Л1) и Без1 *Vrn-A1L Vrn-B1c* (Л2).

Проведено сравнительное изучение полученных нами линий с исходными изогенными линиями сорта Без1 с доминантными аллелями *Vrn-A1L*, *Vrn-B1a* и *Vrn-B1c*. Сроки колошения Л1 и Л2 практически не отличались: Л1 в полевых условиях 2022 г. выколашивалась за 44 дня, Л2 – за 42 дня. Обе линии оказались более скороспелыми по сравнению с исходными линиями, причем различия в сроках колошения оказались значимы даже относительно носителей локуса *VRN-B1*. Продолжительность периода до колошения i:Без1 *Vrn-A1L* составила 69 дней («всходы – первый узел» – 49 дней), i:Без1 *Vrn-B1a* – 49 дней ((«всходы – первый узел» – 29 дней), а i:Без1 *Vrn-B1c* – 48 дней ((«всходы – первый узел» – 27 дней). Таким образом, Л1 выколашивалась быстрее по сравнению с i:Без1 *Vrn-A1L* и i:Без1 *Vrn-B1a* на 25 и 5 дней соответственно ($P < 0,001$), а разница между Л2 и i:Без1 *Vrn-A1L* и i:Без1 *Vrn-B1c* составила 27 и 6 дней соответственно ($P < 0,001$) главным образом за счет сокращения продолжительности периода от всходов до первого узла.

В то же время Л1 и Л2 были немного более позднеспелыми (на 4-5 дней) при сравнении их с линиями Без1 *Vrn-A1a Vrn-B1a* и Без1 *Vrn-A1a Vrn-B1c*, полученными авторами ранее (Chumanova et al., 2018), которые выколашивались за 38-39 дней. При этом длительность периода «всходы – первый узел» у линий Л1 и Л2 увеличилась на 3-5 дней по сравнению с линиями Без1 *Vrn-A1a Vrn-B1a* и Без1 *Vrn-A1a Vrn-B1c*.

Сравнительное изучение времени колошения в условиях длинного (18 ч) и короткого дня (14 ч) показало существование схожих закономерностей. Так, в условиях 18 ч фотопериода у Л1 колошение наступало за 43 дня, у Л2 – за 44 дня. Разница между Л1 и i:Без1 *Vrn-A1L* и i:Без1 *Vrn-B1a* составила 20 и 10 дней соответственно ($P < 0,001$), а между Л2 и i:Без1 *Vrn-A1L* и i:Без1 *Vrn-B1c* – 19 и 6 дней соответственно ($P < 0,001$). В условиях короткого дня Л1 и Л2 выколашивались за 52 и 51 день соответственно. Ускорение колошения Л1 относительно исходных линий составило 15 и 7 дней соответственно ($P < 0,001$), а при сравнении Л2 с исходными линиями разница составила 16 и 8 дней соответственно ($P < 0,001$).

При сравнительном изучении продуктивности новых линий было выявлено, что в полевых условиях по продуктивности главного колоса и растения Л1 по всем изученным показателям (длина колоса, число колосков в колосе, число и масса зерен с колоса и растения, число колосьев и масса 1000 зерен) превышала Л2.

Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ (№ 22-26-00085).

ПЕРСПЕКТИВЫ СЕЛЕКЦИИ РОЗ В РОССИИ

Д.Ю. Шаймарданов, Р.С. Рахмангулов

Федеральный исследовательский центр Всероссийский институт генетических ресурсов растений имени Н.И. Вавилова, Санкт-Петербург, Россия, ai_001@inbox.ru

PROSPECTS OF ROSE BREEDING IN RUSSIA

D.Yu. Shaimardanov, R.S. Rakhmangulov

N.I. Vavilov All-Russian Institute of Plant Genetic Resources, St. Petersburg, Russia, ai_001@inbox.ru

Декоративные растения – неотъемлемая часть садовой и парковой композиций, подбор и размещение которых следует продумывать еще в процессе проектирования пространства. Ландшафтное благоустройство может преследовать разные цели. Целью создания подобных композиций заключается в создании гармоничного впечатления о парке, придании парадности определенным местам, акцентировании внимания на фокусном сооружении или скульптуре (Декоративное цветоводство..., 2015). В связи с этим подбор сортимента растений является значимой составляющей. Розы активно применяют в озеленении общественных пространств во всем мире, в том числе и в России. Масштабная интродукционная работа с садовыми розами в России была начата в Никитском ботаническом саду практически в год его основания (1812). Уже к 1816 году в коллекции сада присутствовало около 60 видов, сортов и форм роз (Клименко и др., 2019). Несмотря на то, что селекция роз имеет богатую историю, уходящую в глубь веков, создание и продвижение сорта является нелегкой задачей, требующей порядка шести – восьми лет кропотливого разведения, отбора и тестирования (Мирич и др., 2021).

Однако современные достижения в области агробиотехнологии и молекулярно-генетических методов селекции растений позволяют значительно сокращать сроки создания качественно нового сорта. В данном контексте селекция роз ориентирована на создание высокодекоративных сортов с различной окраской и формой цветка, ароматом, длительным многократным обильным цветением, а также устойчивостью к биотическим и абиотическим факторам среды (Рахмангулов, Тихонова, 2021).

Так ведутся исследования проблемы раннего увядания бутонов роз. Известно, что повышенная экспрессия генов *RhCG4*, *RhCG6*, *RhCG1* и *RhAG1* ведет к раннему старению лепестков у некоторых сортов роз, и понимание механизмов регуляции данных генов позволит увеличить сроки цветения (Hajizadeh et al., 2011). В вопросе устойчивости к различным заболеваниям особое внимание уделяется таким фитопатогенам, как мучнистая роса и черная пятнистость. Некоторые исследования показали, что гены *Rdr1*, *Rdr2* и *Rpp1* являются резистентными к мучнистой росе в геноме роз, что может быть использовано в селекции на устойчивость к данному эктопаразитическому грибу (Linde et al., 2004). Особый интерес видится в изучении возможности усиления аромата роз, у которых нарушен биосинтез монотерпенов, отвечающих за аромат цветков. Показана роль гена *RhNUDX1* в регуляции биосинтеза гераниола и возможности восстановления аромата путем увеличения экспрессии *RhNUDX1* (Magnard et al., 2015). Также остается не выясненным механизм морозоустойчивости роз, которые на большей территории России являются укрывной культурой. Изучение роли CBF1-подобных транскрипционных факторов послужит основой для интенсификации селекционных программ, направленных на увеличение морозоустойчивости роз (Rouet et al., 2022).

Таким образом представлена актуальность селекции роз в России и благоприятные перспективы внедрения научных результатов в практическую промышленную плоскость.

Работа подготовлена в рамках государственного задания согласно тематическому плану ВИР по проекту № FGEM-2022-0011 «Разработка подходов ускоренной селекции для улучшения хозяйственно ценных признаков декоративных и ягодных культур».

Список литературы

Декоративное цветоводство: учебно-методическое пособие / составитель Л.Р. Кадырова. Казань: Казанский федеральный университет, 2015. 58 с.

Клименко З.К., Плугатарь Ю.В., Плугатарь С.А., Зыкова В.К. Основные направления селекционной работы с садовыми розами в условиях южного берега Крыма // Овощи России. 2019. № 3(47). С. 30–34. DOI: 10.18619/2072-9146-2019-3-30-34. EDN WISRHX.

Мирич М., Гигел М., Сказка М. Кулинарные розы. Лучшие сорта для приготовления необычных блюд // Поиск. Здоровый образ мышления. 2021. № 4(17). С. 14–15.

Рахмангулов Р.С., Тихонова Н.Г. Селекция декоративных растений в России // Биотехнология и селекция растений. 2021. Т. 4, № 4. С. 40–54. DOI: 10.30901/2658-6266-2021-4-04. EDN TEQPLO.

Hajizadeh H., Razavia Kh., Mostofib Y., Mousavia A., Caccoc G., Zamanib Z., Stevanatoc P. Identification and characterization of genes differentially displayed in Rosa hybrida petals during flower senescence // Scientia Horticulturae. 2011. Vol. 128, iss. 3. P. 320–324. DOI: 10.1016/j.scienta.2011.01.026

Linde M., Kaufmann H., Debener T. Genetic analysis of rose resistance genes and their localisations in the roses genome // Acta Horticulturae. 2004. Vol. 651. P. 123–130. DOI: 10.17660/ActaHortic.2004.651.14

Magnard J.-L., Roccia A., Caissard J.-C., Vergne P., Sun P., Hecquet R., Dubois A., Oyant L.H.-S., Jullien F., Nicolè F., Raymond O., Huguet S., Baltenweck R., Meyer S., Claudel P., Jeauffre J., Rohmer M., Foucher F., Hugueney P., Bendahmane M., Baudino S. Biosynthesis of monoterpene scent compounds in roses // Science. 2015. Vol. 349. С. 81–83. DOI: 10.1126/science.aab0696

Rouet C., O'Neill J., Banks T., Tanino K., Derivry E., Somers D., Lee E.A. Mapping winterhardiness in garden roses // Journal of the American Society for Horticultural Science. 2022. Vol.147, iss. 4. DOI: 10.21273/JASHS05189-22

ПЕРСПЕКТИВЫ СЕЛЕКЦИИ ЕЖЕВИКИ

Э.Х. Шаймарданова*, М.В. Макарова

Федеральный исследовательский центр Всероссийский институт генетических ресурсов растений имени Н.И. Вавилова, Санкт-Петербург, Россия, *elza817@mail.ru

PROSPECTS OF BLACKBERRY BREEDING

E.Kh. Shaimardanova*, M.V. Makarova

N.I. Vavilov All-Russian Institute of Plant Genetic Resources, St. Petersburg, Russia, *elza817@mail.ru

В последние годы все больше внимания уделяется малораспространенным на территории России ягодным культурам, среди которых особую популярность приобретает ближайшая родственница малины – ежевика (род *Rubus* L., подрод *Eubatus* Focke) (Помология, 2014; Грюнер, 1987). Эта культура обладает целым комплексом полезных для человека свойств. В ее ягодах содержится 5,1–13,0% сахаров (глюкоза, фруктоза), 0,5–1,5% органических кислот (яблочная, лимонная, винная и другие), до 1,8% пектиновых веществ, клетчатки от 2 до 4%, витамины С, В, РР, Е, а по накоплению биофлавоноидов и пектина ежевика превосходит все плодово-ягодные культуры (Грюнер, 1987; Cho et al., 2004).

Однако ежевика относится к культурам с повышенными требованиями к уровню инсоляции и температурному режиму, вследствие чего сортовое разнообразие с наследственной морозоустойчивостью невелико. В свою очередь имеется биологическая особенность развития побегов, заключающаяся в плодоношении на побегах второго года. Повышенные требования эффективной защиты побегов от зимних морозов ограничивают возможности выбора сортов и делают проблематичным их использование в центральной части России (Грюнер и др., 1970; Евдокименко, Кулагина, 2015).

Создание зимостойких сортов ежевики является важным ввиду значительного подмерзания побегов большинства представителей подрода *Eubatus* почти во всех регионах России. Одним из актуальных направлений, которые в перспективе могут решить проблему зимостойкости ежевики, является создание новых сортов с признаком ремонтантности, ген которого был обнаружен еще в 1949 г. в природной популяции пряморослой диплоидной формы ежевики (Clark, Finn, 2011). Такие сорта ежевики, как ‘Wilson Early’, ‘Marion’ и ‘Thornfree’, уже показали себя устойчивыми к низким температурам до –25,5°C, а введение селекции ежевики с упором на маркерные гены *CBF1* и *CodA* делает ее перспективной в климатических зонах рискованного земледелия (Евдокименко, Кулагина, 2015; Mladlin et al., 2010; Owens et al., 2002).

Работа подготовлена в рамках государственного задания согласно тематическому плану ВИА по проекту № FGEM-2022-0011 «Разработка подходов ускоренной селекции для улучшения хозяйственно ценных признаков декоративных и ягодных культур».

Список литературы

- Грюнер Л.А. Ежевика – ценное растение // Охрана природы Адыгеи. 1987. Т. 3. С. 83–85.
- Грюнер Л.А., Князев С.Д., Кулешова О.В. Элементы технологии выращивания ежевики в условиях Орловской области // Вестник российской сельскохозяйственной науки. 2018. № 4. С. 31–34. DOI: 10.30850/vrsn/2018/4/31-34. EDN LYQAQH.
- Грюнер Л.А., Корнидов Б.Б. Приоритетные направления и перспективы селекции ежевики в условиях средней полосы России // Вавиловский журнал генетики и селекции. 2020. Т. 24, № 5. С. 489–500. DOI: 10.18699/VJ20.641. EDN UGZAO.
- Евдокименко С.Н., Кулагина В.Л. Оценка сортов ежевики и малино-ежевичных гибридов в условиях Брянской области // Садоводство и виноградарство. 2015. № 4. С. 20–23. EDN UEAXYN.
- Помология. Т. 5. Земляника. Малина. Орехоплодные и редкие культуры / под редакцией Е.Н. Седова, Л.А. Грюнер. Орел, 2014. С. 300–308.

Cho M.J., Howard L.R., Prior R.L., Clark J.R. Flavonoid glycosides and antioxidant capacity of various blackberry, blueberry and red grape genotypes determined by high-performance liquid chromatography mass spectrometry // Journal of the Science of Food and Agriculture. 2004. Vol. 84, iss.13. P. 1771–1782. DOI: 10.1002/jsfa.1885

Clark J.R., Finn C.E. Blackberry breeding and genetics // Fruit, Vegetable and Cereal Science and Biotechnology. 2011. P. 27-43.

URL: [http://www.globalsciencebooks.info/Online/GSBOonline/images/2011/FVCSB_5\(SI1\)/FVCSB_5\(SI1\)27-43o.pdf](http://www.globalsciencebooks.info/Online/GSBOonline/images/2011/FVCSB_5(SI1)/FVCSB_5(SI1)27-43o.pdf) (дата обращения: 23.09.2022).

Mladin P., Chițu E., Chițu V., Mladin G. Evaluation of the blackberry germplasm (*Rubus* spp.) frost resistance at the Research Institute for Fruit Growing Pitesti // Scientific Papers of the R.I.F.G. Pitesti. 2010. Vol. XXVI.

URL: https://www.researchgate.net/publication/49615021_Evaluation_of_the_blackberry_germplasm_Rubus_spp_frost_resistance_at_the_Research_Institute_for_Fruit_Growing_Pitesti (дата обращения: 23.09.2022).

Owens C.L., Thomashow M.F., Hancock J.F., Iezzoni A.F. CBF1 Orthologs in Sour Cherry and Strawberry and the Heterologous Expression of CBF1 in Strawberry // Journal of the American Society for Horticultural Science. 2002. Vol. 127, iss. 4. P. 489–494. DOI:10.21273/JASHS.127.4.489

**НАУЧНАЯ КОНФЕРЕНЦИЯ
«100 ЛЕТ НАУЧНОМУ ОБЕСПЕЧЕНИЮ
ЭФФЕКТИВНОГО ИСПОЛЬЗОВАНИЯ
ГЕНЕТИЧЕСКИХ РЕСУРСОВ БОБОВЫХ В РОССИИ»**

**SCIENTIFIC CONFERENCE
“100 YEARS OF SCIENTIFIC SUPPORT FOR THE
EFFECTIVE USE OF LEGUME GENETIC RESOURCES
IN RUSSIA”**

ОТДЕЛ ГЕНЕТИЧЕСКИХ РЕСУРСОВ ЗЕРНОБОБОВЫХ ВИР: ВЕКОВОЙ ОПЫТ РАБОТЫ С КОЛЛЕКЦИЕЙ

М.А. Вишнякова

Федеральный исследовательский центр Всероссийский институт генетических
ресурсов растений имени Н.И. Вавилова, Санкт-Петербург, Россия,
m.vishnyakova.vir@gmail.com

VIR'S DEPARTMENT OF GRAIN LEGUME GENETIC RESOURCES: CENTURY- LONG EXPERIENCE OF WORKING WITH THE COLLECTION

M.A. Vishnyakova

N.I. Vavilov All-Russian Institute of Plant Genetic Resources, St. Petersburg, Russia,
m.vishnyakova.vir@gmail.com

Отдел зернобобовых создан в Отделе прикладной ботаники и селекции (ОПБиС) в 1922 г. по инициативе Н.И. Вавилова. Сознвая важность зернобобовых культур в контексте поставленной им перед ОПБиС главной задачи – обновление культурной флоры страны, Вавилов активизировал мобилизацию материала в коллекцию. К моменту его прихода в ОПБиС в 1920 г., *бобовых на семена*, как тогда называли зернобобовые растения, было 334 образца (по данным отчетов института). Личный стартовый вклад в коллекцию зернобобовых самого Николая Ивановича составил более полутысячи образцов. Он собрал их в Петровско-Разумовском (Москва, СХИ), на Саратовском отделении ОПБиС и в экспедиции 1916 г. на Памир. К 1922 г., когда коллекция зернобобовых культур пополнилась значительными сборами по нескольким культурам (горох, бобы, чечевица, фасоль, вика и др.), возникла необходимость создания специального структурного подразделения. Возглавить его Вавилов пригласил крупнейшего специалиста по гороху Л.И. Говорова, знакомого ему по годам учебы в МСХИ.

Сохранив все заложенные Р.Э. Регелем особенности и достоинства научного учреждения, изучавшего культурную флору, Н.И. Вавилов расширил методы изучения и углубил прикладное значение исследований. Отдел начал работать в контексте предложенной Н.И. Вавиловым идеологии систематизированного сбора и «использования исходных сортовых богатств *всего земного шара* для практической селекции»: материала из центров происхождения, районов концентрации видового и сортового разнообразия культурных растений и представляющего собой ценные по агрономическим и биологическим свойствам образцы, местные сорта, предковые формы и т. п.

Как и весь институт, отдел зернобобовых культур занимался изучением отечественного и зарубежного ассортимента, пригодного для условий СССР; вовлечением видовых и сортовых ресурсов из основных первичных и вторичных очагов видообразования культурных растений; вскрывая неизвестное в прошлом видовое и сортовое богатство. В «Культурной флоре» (1937), которую подготовили сотрудники отдела, почти половина ботанических видов и близких к ним родичей была описана впервые.

Большое внимание уделялось интродукции растений. Это предполагало привлечение из других стран новых видов и сортов культурных растений; перемещение культур из одних районов в другие в пределах одной и той же страны, введение в культуру новых видов из состава как отечественной, так и иноземной флоры. Масштабные работы по интродукции культур привели к включению в коллекцию видов фасоли из Америки, вигны из Африки, сои и маша из Азии.

В ста пунктах Советского Союза были организованы опытные посевы, которые позднее стали называть «Географическими посевами». В разных почвенно-климатических

условиях осуществляли посев единого набора видов и сортов растений. В этих масштабных опытах впервые в мировой биологической и сельскохозяйственной науке было поставлено изучение изменчивости признаков и свойств растений в зависимости от условий среды, что выявляло скрытые возможности видов и сортов, которые могут быть использованы не только для скрещиваний, но и непосредственно. Это широкое эколого-географическое изучение коллекции дало возможность выявить лучшие культуры и сорта применительно к зонам возделывания.

Роль коллекции как основы создания новой материальной базы для селекции стала безусловной. К 1940 г. коллекция зернобобовых культур насчитывала уже 23 636 образцов и включала 15 культур. Н.И. Вавилов (1940) писал: «...мы имеем в нашей стране по таким культурам как пшеница, ячмень, рожь, овес, ...зерновые бобовые ...исключительной ценности сортовые фонды, не имеющие ныне равных за пределами нашей страны». Если в 1920 г. сорта отечественной селекции были единичны, то в 1940 г. на полях страны производили 9 зернобобовых культур и число районированных сортов достигло 75.

«В целях осмысленного использования сортового материала встала задача не только приведения его в обычную научную систему, даже дифференцированную, но по возможности в систему, учитывающую физиологические и экологические особенности, применительно к использованию в разных районах», – писал Н.И. Вавилов (1940 г.). Этот тезис нашел развитие в создании эколого-географических и агроэкологических классификаций по гороху, бобам, нуту, чине и др. культурам.

В предлагаемом формате статьи нет возможности изложить все аспекты деятельности отдела и перечислить даже известных его ученых. Ограничимся перечислением основных монографических работ, вышедших из отдела за его вековую историю. В них раскрыт ботанический, эколого-географический, агроэкологический и хозяйственный потенциал важнейших зернобобовых культур мира:

- Барулина Е.И. «Чечевица Афганистана» (1928); «Чечевица СССР и других стран» (1930); «Чечевица» (1937).
- Говоров Л.И. «Горох Афганистана» (1928); «Горох Абиссинии» (1930); «Горох Анатолии» (1933); «Горох» (1933, 1937).
- Дитмер Э.Э. «К вопросу о происхождении культурных фасолей» (1930); «*Phaseolus* L. – Фасоль» (1937).
- Залкинд Ф.Л. «Чина» (1937).
- Иванов Н.Р. «Географические закономерности в распределении культурных *Phaseolinae*» (1937); «Зерновые бобовые культуры» (1953), «Фасоль» (1961).
- Макашева Р.Х. «Горох» (1973); «Горох. Культурная флора СССР». (1979).
- Муратова В.С. «Бобы» (1931, 1937).
- Павлова А.М. «Вигна» (1937); «Нут» (1953).
- Курлович Б.С. (ред.) «Генофонд и селекция зерновых бобовых культур (люпин, вика, соя, фасоль)» (1995).
- Станкевич А.К., Репьев С.И. «Культурная флора. Т. 4, ч. 2. Вика» (1999) и др.

История отдела неотделима от истории ВИР и страны в целом. В годы репрессий был арестован, осужден и погиб в заключении Л.И. Говоров. Во времена гонений на генетику преданные ей исследователи вынуждены были прекратить свои эксперименты, что надолго отбросило назад исследования генетических основ коллекции.

1970–1980-е годы были очень плодотворными для отдела. В институте был развит комплекс фундаментальных отделов, поэтому изучение образцов вели с привлечением физиологических, анатомических, генетических, цитологических, иммунохимических и т. п. методов.

В 2020 г. к отделу ГР ЗБК присоединена группа многолетних кормовых бобовых трав. История отдела, к которому ранее относилась эта группа, вполне самостоятельна.

Отметим только, что официальным началом работы с кормовыми культурами в институте считается также 1922 год, когда подразделение носило название Отделение луговых.



Рисунок. Сотрудники Отдела генетических ресурсов зернобобовых культур ВИР, Санкт-Петербург, ноябрь, 2022. Фото предоставлено проф. М.А. Вишняковой.

На 01.11.2021 г. коллекция отдела ГР ЗБК насчитывала 65 307 образцов. В ней сосредоточены представители 32 родов и 559 видов бобовых, при этом число культурных и культивируемых видов немногим более 60. Остальные – дикие родичи культурных растений – ресурс для интрогрессивной селекции и введения растений в культуру. В соответствии с развитием новых биотехнологий и вызовами времени меняются методы и направления изучения коллекции. В сотрудничестве с фундаментальными подразделениями ВИР и другими НИУ отдел проводит работы по изучению биологических свойств растений: определению реакции образцов на неблагоприятные факторы среды (алюмо- и кадмий-толерантность, кислото-, соле- и засухоустойчивость, реакция на фотопериод), анализу качества зерна и зеленой массы, азотфиксирующей активности, метаболомному профилированию, отработке методов паспортизации образцов, особенностям сохранения жизнеспособности семян и т. п. Значимые успехи достигнуты в выявлении возможностей расширения агрономических ареалов культур, в частности, продвижения на север сои, фасоли, нута. Изучаются возможности культивирования кормовых бобовых трав в полярных широтах. На южных опытных станциях проводят работы по выявлению адаптивного потенциала нетрадиционных для

РФ культур: маша, урда, гуара, лимской фасоли. Проводятся работы по систематике и филогении генофонда, истоки которых возникли в Бюро по прикладной ботанике. В настоящее время для этого используют молекулярно-генетические методы, которые также применяют для изучения структуры и систематизации состава коллекции и для поиска генов – кандидатов селекционно значимых признаков культур.

Коллекция сохраняет статус крупнейшей в Европе и непревзойденной по видовому разнообразию и уникальности образцов.

**НАУЧНАЯ КОНФЕРЕНЦИЯ
«100 ЛЕТ НАУЧНОМУ ОБЕСПЕЧЕНИЮ
ЭФФЕКТИВНОГО ИСПОЛЬЗОВАНИЯ
ГЕНЕТИЧЕСКИХ РЕСУРСОВ БОБОВЫХ В РОССИИ»**

СЕКЦИИ 1–4

**SCIENTIFIC CONFERENCE
“100 YEARS OF SCIENTIFIC SUPPORT
FOR THE EFFECTIVE USE OF LEGUUM GENETIC
RESOURCES IN RUSSIA”**

SECTIONS 1–4

ГЕНЕТИЧЕСКАЯ КОЛЛЕКЦИЯ РАННЕСПЕЛЫХ СОРТОВ СОИ, ОСОБЕННОСТИ ИЗМЕНЧИВОСТИ ГЕНОМОВ ОРГАНЕЛЛ

**В.В. Александрович*, М.Г. Синявская, О.Д. Левданский, Е.А. Мишук,
О.Г. Давыденко**

Институт генетики и цитологии Национальной академии наук Беларуси, Минск,
Республика Беларусь, *valeria.alexandrovich@gmail.com

GENETIC COLLECTION OF EARLY SOYBEAN VARIETIES: PECULIARITIES OF VARIABILITY IN ORGANELLE GENOMES

V.V. Aleksandrovich*, M.G. Siniauskaya, O.D. Levdanski, E.A. Mishuk, O.G. Davydenko
Institute of Genetics and Cytology of the National Academy of Sciences of Belarus, Minsk,
Republic of Belarus, *valeria.alexandrovich@gmail.com

Оценка уровня изменчивости ДНК органелл и ядра в коллекции форм, являющихся исходным материалом для создания новых сортов, – один из ключевых вопросов селекции культурных растений. С развитием методов секвенирования нового поколения (NGS – Next Generation Sequencing) стало возможным получение качественно новых данных об изменчивости геномов ядра и органелл растений. Информация о внутривидовом полиморфизме ДНК хлоропластов и митохондрий является ценной для филогенетических, популяционно-генетических и селекционных исследований.

Целью работы было определение уровня изменчивости ДНК хлоропластов и митохондрий в коллекции раннеспелых сортов сои – относительно эволюционно молодой группы сортов.

Задачами исследования являлись: установление методом NGS 24-х полных последовательностей хлоропластной и митохондриальной ДНК сои и их анализ, разработка ДНК-маркеров к характерным, специфическим районам геномов органелл, по которым можно быстро дифференцировать сорта по определенным плазматипам, а также сравнительное изучение внутривидовой изменчивости коллекции сортов *Glycine max*, для которых не проводилось NGS.

Изучена база данных сортов сои с различным географическим происхождением, наиболее часто используемых в селекционном процессе (Институт генетики и цитологии НАН Беларуси, лаборатория нехромосомной наследственности, ООО «Соя-Север Ко»). Отобраны для изучения сорта сои, на основании которых было получено наибольшее количество новых перспективных селекционных образцов и сортов. Сформирована репрезентативная выборка из 24-х раннеспелых сортов для исследования генетического разнообразия органелльных геномов внутри вида *G. max*. Включенные в выборку сорта сои имеют различное происхождение – Беларусь, Украина, Канада, Китай, Польша, Франция, Швеция, Алжир, Чехия.

Объектами исследования являлись 24 раннеспелых сорта *G. max* разнообразного географического происхождения.

Выделение органелльной и тотальной ДНК проводилось по стандартным методикам, применяемым в лаборатории нехромосомной наследственности. Полногеномное секвенирование геномов проводилось на Illumina MiSeq с использованием Illumina DNA Prep library preparation kit и MiSeq Reagent Kit v3 (600-cycle). Алгоритм обработки NGS-данных включал в себя: выравнивание прочтений на референсные последовательности хлоропластного и митохондриального геномов (MW357264.1 и NC020455.1 соответственно) с помощью Burrows-Wheeler Alignment Tool, конвертация в файлы формата bam и их сортировку (Samtools), генерация VCF-файлов (GATK HaplotypeCaller) и их фильтрацию (Bcftools). На основании полученных VCF-файлов были созданы FASTA-последовательности полных органелльных геномов сортов *G. max*.

Был разработан ряд специфических ДНК-маркеров к полиморфным районам хлоропластного и митохондриального геномов для дальнейшего изучения обширной коллекции имеющихся в лаборатории сортов. Секвенирование по Сэнгеру проводилось с использованием набора BrilliantDye™ Terminator (v3.1) Cycle Sequencing Kit.

Сравнительный анализ 24-х последовательностей хлоропластных геномов выявил низкий уровень изменчивости пластидной ДНК у изученных сортов сои. Было обнаружено 8 полиморфных сайтов: 2 SSR-локуса, 1 INDEL и 5 SNP. Четыре из пяти выявленных SNP находились в кодирующих областях генов *atpB*, *rps4*, *accD* и *rps3*, все они являлись синонимичными. Данные точки изменчивости идентифицированы в группе сортов, материнские линии которых происходят из Китая ('Любаша', 'Китросса', 'Оресса'). Таким образом, на основании различий хлоропластной ДНК изученных сортов было выделено 2 плазматипа *G. max*.

В митохондриальной ДНК выявлено 16 различий между изученными образцами (11 INDELs, 4 SNP и 1 инверсия). Только две точки находились в кодирующих областях: 1 INDEL в *orf110c*, инверсия – в *orf160b*.

На основании изменчивости митохондриальной ДНК выделяется 5 плазматипов *G. max*, которые также отражают географическое происхождение сортов. 10 INDEL и 4 SNP имеются у сортов с китайской ('Любаша', 'Китросса' и 'Оресса'), 1 INDEL – у форм с канадской родословной ('Василиса', 'Амазонка', 'McCall', 'Птичь'). Также сорта 'Optimus' и 'Злата' отличаются от всех других инверсией и одним INDEL соответственно.

Всего с учетом отличий в хлоропластных и митохондриальных геномах изученные сорта сои подразделяются на 5 плазматипов.

Для верификации обнаруженных после NGS-анализа полиморфных участков к ним были сконструированы праймеры и проведено секвенирование по Сэнгеру всех 24-х образцов. Выявленные полиморфизмы органелльной ДНК были подтверждены.

С разработанными ДНК-маркерами к характерным полиморфным точкам геномов органелл было проведено изучение изменчивости плазмона у 54-х сортов из коллекции лаборатории, отличающихся более широким спектром происхождения и чувствительностью к длине дня. Оказалось, что ряд сортов аналогичен по ДНК-маркерам сортам с китайской и канадской родословными. Новых плазматипов обнаружено не было. В исследованной коллекции наблюдается четкое наследование геномов органелл по материнской линии и отсутствие возможных рекомбинаций митохондриальной ДНК.

Планируется размещение полученных в ходе исследования полных последовательностей хлоропластных и митохондриальных геномов сои в базу данных NCBI GenBank.

По результатам проведенного исследования выявлена относительно низкая генетическая вариабельность органелльных геномов раннеспелых сортов сои. Обнаружен ряд полиморфизмов хлоропластного и митохондриального геномов *G. max*, позволяющий разделить исследованную группу сортов на 5 плазматипов.

Полученные данные о разделении изученных сортов сои на плазматипы являются ценными для разработки селекционных программ и подбора родительских форм при гибридизации.

Работа выполнена в рамках ГПНИ «Биотехнологии 2», 2021-2025 г., подпрограмма «Геномика, эпигеномика, биоинформатика», задание 2.1.3.

ОВОЩНОЙ ГОРОХ КАК ОБЪЕКТ СЕЛЕКЦИОННОЙ РАБОТЫ И НАУЧНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ НА КРЫМСКОЙ ОСС – ФИЛИАЛЕ ВИР

А.Г. Беседин*, О.В. Путина**

Федеральный исследовательский центр Всероссийский институт генетических ресурсов растений имени Н.И. Вавилова, Крымская опытно-селекционная станция – филиал ВИР, Крымск, Россия, *kross67@mail.ru, **olga-rhji@mail.ru

GARDEN PEA AS AN OBJECT OF BREEDING AND SCIENTIFIC RESEARCH AT KRYMSK EXPERIMENT BREEDING STATION OF VIR

A.G. Besedin, O.V. Putina

N.I. Vavilov All-Russian Institute of Plant Genetic Resources, Krymsk Experiment Breeding Station of VIR, Krymsk, Russia. kross67@mail.ru, olga-rhji@mail.ru

Овощные лущильные сорта гороха с мозговой поверхностью семян обладают высокой диетической ценностью. В морщинистых семенах, в сравнении с округлыми, выше содержание белка, клетчатки, липидов и соотношение амилозы к амилопектину в нативном крахмале. Употребление в пищу высокоамилозного крахмала снижает риск развития сердечно-сосудистых заболеваний, сахарного диабета и ожирения, распространенных в XXI веке. Создание овощных сортов гороха с повышенной питательной ценностью является актуальным.

Главный источник исходного материала, родительских форм для селекции – мировая коллекция генетических ресурсов растений ВИР. Она включает образцы, различные по экологическому происхождению, устойчивости к стрессам, морфологическим, фенологическим признакам, биохимическим показателям, дикие и культурные формы, сорта и линии стародавней и современной селекции. Коллекция имеет большое значение для фундаментальных и прикладных исследований.

Работы по созданию овощных сортов гороха на юге России были начаты Анатолием Мефодиевичем Дроздом в 1939 году на селекционной станции, организованной при Крымском консервном комбинате. Основные направления работ традиционно состоят в поддержании и изучении коллекции гороха и селекции новых сортов с разработкой элементов их агротехнологии. Создаваемые сорта должны давать стабильный урожай независимо от воздействия стрессовых биотических и абиотических факторов, быть технологичными, иметь высокие вкусовые качества, обеспечивать равномерное и продолжительное поступление сырья на переработку. Для этого исходный материал изучают по морфологическим и биометрическим параметрам, биохимическим показателям и физиологическим особенностям. Поставленные задачи актуальны и сейчас.

Новые сорта овощного гороха, перспективные линии и образцы из коллекции проходят оценку по способности формировать стабильно высокий урожай при различных погодных условиях. Проводимые исследования в период с 2013 по 2017 гг. показали, что урожайность овощного гороха в значительной степени зависит от среды (38%), генотипа (31) и их взаимодействия (27). Для селекционных целей по совокупности характеристик адаптивности выделены образцы наиболее устойчивы к воздействию неблагоприятных факторов среды: сорта 'Прима' (о155213) очень ранней группы спелости, 'Веста' (к-9352) – среднеранней, 'Парус' (к-9350, ус.л.) и линия Г-344/16 – среднепоздней.

Вместе с высокой адаптивностью и экологической пластичностью важно улучшать технологичность овощного гороха. Эта задача решается включением в селекционный процесс новых морфотипов, например, безлисточкового. Лист таких генотипов состоит из черешка и усиков, а листочки отсутствуют. Благодаря большому числу усиков растения гороха крепко сцепляются между собой и дольше не полегают. Улучшается аэрация фитоценоза, снижается риск развития инфекций. Проведено комплексное изучение двух

групп образцов с обычным типом листа и усатым. Показана общая для них реакция на неблагоприятные погодные условия, выраженная в снижении накопления ассимилятов и уровня урожайности. Выделены генотипы с усатым типом листа, не уступающие стандартам обычного морфотипа по урожайности зеленого горошка, продуктивности листового аппарата и чистой продуктивности фотосинтеза.

Овощной горох, как и многие другие сельскохозяйственные культуры, реагирует на изменения климата, отмечаемые многими исследователями. Нами проведен анализ изменения урожайности и продолжительности вегетационного периода четырех сортов 'Альфа' (раннего срока созревания), 'Беркут' (среднераннего), 'Адагумский' (среднепозднего) и 'Исток' (позднего) за 20 лет. В условиях юга России урожайность овощного гороха в фазу «техническая спелость» лимитируется частотой выпадения осадков (от 1 мм до 20) в дни от посева до технической спелости. Установлено значительное сокращение вегетационного периода и его составляющих у сортов среднего и позднего сроков созревания, при сравнении современных данных (2000–2019 гг.) с более ранними (1964–1990 гг.). Полученные результаты свидетельствуют о климатических изменениях, в связи с которыми была проведена корректировка селекционной работы в сторону выведения более ранних сортов.

С 2016 года в Государственный реестр селекционных достижений включено четыре сорта овощного гороха, полученных на Крымской ОСС филиале ВИР: 'Изюминка' и 'Прима' очень раннего срока созревания, 'Маяк' и 'Кудесник 2' – раннего. Для них определена оптимальная густота стояния, учитывающая биологические особенности сортов. В соответствии с полученными результатами будут рекомендованы нормы высева семян при выращивании новых сортов овощного гороха на переработку.

Зерно овощного гороха используют в пищу при наступлении фазы «техническая спелость», когда нижние бобы зеленые и выполненные. В зависимости от погодных условий благоприятный период уборки составляет 3–7 дней. Качество получаемого продукта зависит от точности прогнозирования даты начала уборки. Ее определение может быть основано на продолжительности периода вегетации (дни), сумме активных или эффективных температур, сумме тепловых единиц. По результатам анализа 20-летних данных для прогнозирования даты уборки овощного гороха рекомендовано использовать стабильные признаки – число дней от посева до всходов и сумму активных температур больше 10°C периода «всходы – техническая спелость».

Ежегодно на Крымской ОСС ВИР поддерживается семенами и изучается 240 образцов мировой коллекции генетических ресурсов гороха, наиболее перспективные из них используются в селекции. В настоящее время из всех созданных на станции сортов 10 внесены в Государственный реестр селекционных достижений и запатентованы. При едином сроке сева эти сорта обеспечивают конвейерное поступление сырья на переработку в течение 35 и более дней. В фазу технической спелости их зерно имеет нежную оболочку и темно-зеленую окраску, высокие биохимические показатели и вкусовые качества. Нами ведется их семеноводство в крестьянско-фермерских хозяйствах Краснодарского края. В 2022 году было выращено 1800 тонн семян для реализации товаропроизводителям. Этого объема хватит, чтобы засеять 7000 га сырьевых посевов. При средней урожайности зерна овощного гороха 5,5 т/га в 2023 году может поступить в продажу 96,25 млн условных банок консервов «зеленый горошек», массой 400 г.

В 2021 году были опубликованы методические рекомендации «Конвейер сортов гороха овощного селекции Крымской ОСС – филиала ВИР и технология их выращивания в Краснодарском крае», предназначенные для товаропроизводителей зеленого горошка.

КОЛЛЕКЦИЯ РОДА *TRIFOLIUM* L. В СВЯЗИ С ПРИОРИТЕТНЫМИ НАПРАВЛЕНИЯМИ СЕЛЕКЦИИ В РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

С.В. Булынцеv^{1*}, И.Г. Громенкова¹, А.В. Губанов²

¹ Федеральный исследовательский центр Всероссийский институт генетических ресурсов растений имени Н.И. Вавилова, Санкт-Петербург, Россия, *s.bulyntsev@vir.nw.ru

² Федеральный исследовательский центр Всероссийский институт генетических ресурсов растений имени Н.И. Вавилова, Екатеринбургская опытная станция – филиал ВИР

COLLECTION OF THE GENUS *TRIFOLIUM* L. IN CONNECTION WITH THE PRIORITY BREEDING OBJECTIVES IN THE RUSSIAN FEDERATION

S.V. Bulyntsev^{1*}, I.G. Gromenkova¹, A.V. Gubanov²

¹ N.I. Vavilov All-Russian Institute of Plant Genetic Resources, St. Petersburg, Russia, *s.bulyntsev@vir.nw.ru

² N.I. Vavilov All-Russian Institute of Plant Genetic Resources, Ekaterinino Experimental Station of VIR

Как кормовое растение клевер известен с древнейших времен (IV тысячелетие до н. э.). Впервые клевер упоминается в трудах «отца ботаники» Теофраста под названием “*Trifolium*”, что означает трилистник. Римский историк Катон в 234 г. до н. э. при описании земледелия Италии среди луговых растений называет клевер красный. Границы рода клевер были впервые определены Д. Турнефором (Tournefort, 1700). Первый по времени обзор рода сделал К. Линней (1753). Он не только зарегистрировал 40 видов клевера, но и впервые попытался объединить их в естественные группы. Из 5 установленных им групп, 3 до сих пор признаются, частично или даже полностью, в качестве секций. По современным представлениям Род *Trifolium* включает 238 видов, из них в пределах бывшего СССР распространено 65, что составляет почти ¼ мирового разнообразия. В культуру введено около 20 видов, но широко возделываются только 10, а в Российской Федерации – 8. Из них наиболее широко распространена культура лугового клевера (*T. pratense* L.), значительно меньше – ползучего (*T. repens* L.) и гибридного *T. hybridum* L. (Мухина, Станкевич, 1993).

В настоящее время в РФ районирован 171 сорт 8 видов клевера. Подавляющее число районированных сортов (113) относится к клеверу луговому, 30 сортов клевера ползучего и 16 – гибридного. По два сорта клевера александрийского (*T. alexandrum* L.) и персидского (*T. resupinatum* L.), четыре – инкарнатного (*T. incarnatum* L.), три – паннонского (*T. pannonicum* Jacq.) и один – сходного (*T. ambiguum* Bieb.).

Клевер – одна из ведущих кормовых культур мира и Российской Федерации. Для многих районов является основным источником белка в кормовом рационе животных. Его возделывают в полевых и кормовых севооборотах, а также широко используют для улучшения естественных кормовых угодий и создания культурных сенокосов и пастбищ. В Российской Федерации клевер имеет широкое распространение и экономическое значение в Нечерноземье, Северном, Северо-Западном, Центральном и Волго-Вятском экономических районах, во многих регионах лесостепной и лесной зонах, а также в предгорных и горных районах Кавказа. Посевные площади клевера составляют около 5 млн га.

В настоящее время возросла потребность в сортах многолетних бобовых трав, в том числе и клевера, с широкой реакцией на абиотические, биотические и антропогенные факторы среды.

Для новых современных сортов в различных районах возделывания клевера актуальными являются следующие хозяйственно ценные признаки: высокая урожайность зеленой массы и стабильно высокая семенная продуктивность; зимостойкость,

пластичность; раннее созревание; способность произрастать и давать стабильные урожаи на кислых, переувлажненных и подтопляемых почвах; засухоустойчивость; устойчивость к засоленным почвам; устойчивость к основным заболеваниям (антракнозу, аскохитозу, мучнистой росе, ржавчине, раку и фузариозу).

Широкое использование коллекционных образцов клевера разных видов как источников ценных селекционных признаков в селекционных программах в различных почвенно-климатических регионах Российской Федерации позволит улучшить сортимент районированных сортов в стране.

В настоящее время коллекция клевера в ВИР насчитывает более 6000 коллекционных образцов клевера лугового, гибридного и ползучего. По происхождению охватывает 57 стран мира, включает 47 дикорастущих видов, из них 19 многолетних и 28 однолетних видов. Коллекция клевера является ценным исходным материалом для селекции.

Наиболее полно в эколого-географическом и хозяйственном плане изучен вид *T. pratense* – клевер луговой. Разработанная в ВИР Н.Г. Хорошайловым эколого-географическая классификация клевера лугового была переработана и дополнена в 1993 году Н.А. Мухиной и А.К. Станкевич на основании изучения коллекционных образцов в различных географических пунктах страны. Образцы клевера были объединены по комплексу морфологических, биологических и хозяйственных признаков в 16 групп и 49 сортотипов. Зная, к какой группе сортотипов относится тот или иной образец, можно с большой долей эффективности осуществлять подбор исходного материала для селекционных программ для разных регионов РФ.

Особенную ценность в качестве исходного материала для селекции представляют дикорастущие виды клевера как источники хозяйственно ценных признаков. Так, в селекции на высокий урожай зеленой массы при однолетнем использовании, на питательность, в том числе содержание протеина, можно использовать образцы видов *T. alpestre* L., *T. alexandrinum*, *T. ambiguum*, *T. diffusum* Ehrh., *T. fragiferum* L., *T. medium* L., *T. montanum* L., *T. neglectum* C.A. Mey., *T. pannonicum*, *T. rubens* L., *T. resupinatum* L., *T. trichocephalum* M. Bieb.;

на высокую семенную продуктивность – *T. alpestre*, *T. ambiguum*, *T. diffusum*, *T. pannonicum*, *T. trichocephalum*;

на устойчивость к болезням и вредителям – *T. alpestre*, *T. alexandrinum*, *T. ambiguum*, *T. fragiferum*, *T. hybridum*, *T. incarnatum*, *T. lupinaster* L., *T. medium*, *T. montanum*, *T. pannonicum*, *T. resupinatum*, *T. trichocephalum*, *T. pratense* (дикорастущий образец из Краснодарского края к-32727);

на долголетие (хорошо развитая корневая система) – *T. ambiguum*, *T. alpestre*, *T. fragiferum*, *T. hybridum*, *T. medium*, *T. neglectum*, *T. rubens*;

на устойчивость к кратковременной засухе – *T. borysthenticum* Gruner, *T. incarnatum*, *T. occidentale* D.E. Combe;

на жаростойкость – *T. neglectum*; на зимостойкость (морозостойкость) – *T. alpestre*, *T. ambiguum*, *T. fontanum* Bobr. *T. fragiferum*, *T. lupinaster*, *T. medium*, *T. incarnatum*, *T. pannonicum*, *T. trichocephalum*, *T. pratense* (дикорастущий образец из Томской области к-760) (дикорастущий образец из Екатеринбургской области к-43501); на раннеспелость – *T. ambiguum*, *T. fragiferum*, *T. lupinaster*, *T. pannonicum*, *T. trichocephalum*; на устойчивость к кислотности почвы – *T. hirtum* All., *T. riograndense* Burkarti; солевыносливость – *T. borysthenticum*, *T. fragiferum*, *T. neglectum*; на холодостойкость – *T. ambiguum*, *T. fontanum*.

КОЛЛЕКЦИЯ ФАСОЛИ ВИР – ОТ ВАВИЛОВА ДО НАШИХ ДНЕЙ

Т.В. Буравцева*, Г.П. Егорова, М.А. Вишнякова

Федеральный исследовательский центр Всероссийский институт генетических ресурсов растений имени Н.И. Вавилова, Санкт-Петербург, Россия, *t.buravtseva@vir.nw.ru

THE COMMON BEAN COLLECTION AT VIR: FROM VAVILOV TO THE PRESENT DAY

T.V. Buravtseva*, G.P. Egorova, M.A. Vishnyakova

N.I. Vavilov All-Russian Institute of Plant Genetic Resources, St. Petersburg, Russia, *t.buravtseva@vir.nw.ru

Формирование и становление коллекции фасоли (*Phaseolus* L.) произошло во времена работы Николая Ивановича Вавилова в ВИР. С его приходом в Отдел прикладной ботаники и селекции в 1920 г. начался ее стремительный рост. Уже в 1921 г. коллекция насчитывала 156 образцов в основном отечественного происхождения. В дальнейшем большая часть поступлений происходила из-за рубежа. Из своих зарубежных экспедиций Н.И. Вавилов лично привез 314 образцов различных видов фасоли американского происхождения. В результате деятельности организованного им в Америке в 1921–1923 гг. Бюро по интродукции, через Д.Н. Бородина, было передано 925 образцов. Это селекционные и староместные сорта США и Канады, полученные от семенных фирм и опытных станций в различных штатах. Особенно ценными для коллекции стали сорта овощной фасоли, полученные из США и Франции. Это направление использования культуры отсутствовало в практике отечественного овощеводства того времени. Многие из поступивших иностранных сортов впоследствии использовались в российской селекции фасоли.

К 1922 г. коллекция фасоли и других зернобобовых культур настолько увеличиваются, что назревает необходимость их систематизации, и формируется самостоятельное отделение зерновых бобовых культур. К моменту организации отдела коллекция фасоли составляет уже 1811 образцов.

Претворяя в жизнь общий план мобилизации мировых растительных ресурсов и следуя своей программе «зеленого поиска», Николай Иванович организует три экспедиции в очаги формообразования фасоли. В 1925–1927 гг. послана экспедиция в Мексику, Гватемалу, Колумбию, Перу, Боливию и Чили во главе с С.М. Букасовым, собравшая около 500 образцов фасоли на Южно-мексиканском и Гватемальском нагорьях. В 1930 г. Вавиловым проведена экспедиция в Центральную Америку и Мексику, а в 1932–1933 гг. – на Кубу, Юкатан, Перу, Боливию, Чили, Бразилию, Аргентину, Уругвай, о-в Тринидад и Пуэрто-Рико. Из этих экспедиций он привез 188 образцов фасоли. Вплоть до 1940 года в коллекцию поступают образцы, собранные Вавиловым и его соратниками в экспедициях и поездках по миру (Афганистан, страны Средиземноморья, Центральная и Южная Америка, Мексика, Япония, Китай, ботанико-агрономические научно-исследовательские учреждения Европы и Америки).

Великая Отечественная война прервала экспедиции института. Они вновь были возобновлены только в 1954 году. Наиболее плодотворными для фасоли в послевоенные годы были экспедиции И.И. Мирошниченко и Т.Н. Шевчука в Болгарию (160 обр.) и П.М. Жуковского в Италию и Францию (70 обр.).

Во время блокады Ленинграда коллекцию зернобобовых культур, в том числе и фасоли, сохранял Николай Родионович Иванов – аспирант, ученик и один из самых деятельных последователей Вавилова. Николай Родионович руководил отделом с 1945 по 1971 гг., затем, вплоть до смерти в 1978 году, работал научным консультантом отдела. Главным объектом его исследований была фасоль. Его монография «Фасоль» (1961) до

сих пор является настольной книгой при изучении культуры. Воспоминания о жизни и деятельности Н.Р. Иванова нашли отражение в выпущенной в 2018 г. брошюре из серии «Люди науки». Также с коллекцией фасоли работали ученики и последователи Николая Родионовича – И.И. Мирошниченко, Н.И. Корсаков, В.И. Буданова. Только В.И. Буданова, проработавшая с коллекцией фасоли более 30 лет, опубликовала свыше 75 научных работ по культуре (в т. ч. в соавторстве с Н.Р. Ивановым), обобщила данные по генетике фасоли.

На протяжении 100 лет коллекция фасоли ВИР увеличивалась путем планомерной мобилизации образцов из всех стран мира. На сегодняшний день в коллекции сохраняется 7880 образцов четырех производимых в мире видов фасоли: *Phaseolus vulgaris* L. – обыкновенная, *P. lunatus* L. – лимская, *P. coccineus* L. – огненная, многоцветковая, *P. acutifolius* A. Gray – тепари, остролистная. Коллекция представлена разнообразными формами из 5 частей света и из 102 стран мира. Основную часть коллекции (97%) составляет фасоль обыкновенная – единственный вид, масштабно культивируемый в нашей стране. Местных сортов в коллекции – 29%, селекционных – 28%, селекционных линий – 4% от общего числа образцов, 39% – неизвестного статуса происхождения. Сегодня коллекция уникальна на 30–40% (~ 2000–2500 образцов). В это число входят сборы фасоли в основных и вторичных очагах происхождения, собранные в 1920-х гг., селекционные и староместные сорта США, местные сорта Европы, Средиземноморья и СССР, раннеспелые и ультраскороспелые образцы.

Работа с коллекцией ведется по вавиловской методологии. Наиболее важными направлениями работы остаются пополнение, сохранение и изучение коллекции для плодотворного использования ее в селекции. Постоянно ведется поиск в генофонде источников различных хозяйственно ценных признаков. С 1980-х гг. началась планомерная закладка на длительное хранение. На сегодняшний день 76% коллекции заложено на разные типы хранения. Всестороннее изучение и использование коллекционного материала способствует постоянному расширению как сортового состава, так и производственного ареала культуры.

Основной задачей селекции фасоли в настоящее время во всех зонах выращивания является создание высокопродуктивных сортов со стабильным урожаем по годам, устойчивых к болезням, вредителям и неблагоприятным факторам среды, пригодных к механизированному возделыванию, а также имеющих высокое качество бобов у сортов фасоли овощного использования. Создание ультраскороспелых сортов позволило продвинуть выращивание культуры к северу, в том числе в зону рискованного земледелия. Начаты работы по изучению возможности интродукции в растениеводство южных районов страны лимской фасоли.

Паспортная база коллекции фасоли ВИР – инструмент систематизации генетического разнообразия рода *Phaseolus*, а создаваемые признаковые коллекции по селекционно значимым признакам способствуют адресному и целенаправленному снабжению селекционеров исходным материалом. Систематическое издание каталогов по результатам изучения также является неотъемлемой частью работы. За последние годы выпущено 4 каталога мировой коллекции ВИР (2019, 2020, 2021, 2022).

Коллекция фасоли ВИР сохраняет статус крупнейшей в Европе и непревзойденной по разнообразию и уникальности образцов. В течение многих лет она служит не только источником исходного материала для отечественной и зарубежной селекции, но и объектом для фундаментальных исследований.

**КОЛЛЕКЦИИ МАША, АДЗУКИ, СПАРЖЕВОЙ ВИГНЫ ВИР:
ЭКОЛОГО-ГЕОГРАФИЧЕСКОЕ РАЗНООБРАЗИЕ И ПЕРСПЕКТИВЫ
ИСПОЛЬЗОВАНИЯ НА ДАЛЬНЕМ ВОСТОКЕ**

М.О. Бурляева

Федеральный исследовательский центр Всероссийский институт генетических ресурсов
растений имени Н.И. Вавилова, Санкт-Петербург, Россия, m.burlyaeva@vir.nw.ru

**MUNG BEAN, ADZUKI BEAN AND ASPARAGUS COWPEA IN THE VIR
COLLECTION: ECOGEOGRAPHIC DIVERSITY AND PROSPECTS
FOR THE USE IN THE FAR EAST**

M.O. Burlyaeva

N.I. Vavilov All-Russian Institute of Plant Genetic Resources, St. Petersburg, Russia,
m.burlyaeva@vir.nw.ru

В коллекции ВИР хранится 4634 образца, принадлежащих к 9 видам рода *Vigna* Savi., из них наибольшее значение для Дальнего Востока (ДВ) имеют маш (*V. radiate* (L.) R. Wilczek), адзуки (*V. angularis* (Willd.) Ohwi et Ohashi) и подвид коровьего гороха – спаржевая вигна (*V. unguiculata* subsp. *sesquipedalis* (L.) Verdc.). Эти виды широко культивируются в странах Азиатско-Тихоокеанского региона, в том числе и в сопредельных с Приморским краем районах Китая, Северной Кореи и Японии. Культуры имеют важное пищевое значение и входят в состав многих традиционных блюд азиатской кухни. Они также ценятся за целый ряд полезных качеств, позволяющих включать их в различные системы земледелия и выращивать в экстремальных условиях и на неплодородных почвах. В коллекциях ВИР представлены 2052 образца (обр.) маша из 48 стран, 260 обр. адзуки из 11 и 192 обр. спаржевой вигны из 16. В основном – это староместные сорта и только 8% – сорта научной селекции.

Следует отметить, что коллекции видов вигны ВИР одни из старейших в мире, их создание началось еще в Бюро по прикладной ботанике Ученого комитета Министерства земледелия и государственных имуществ. Первые образцы *V. radiata* были собраны в 1910 г. в Маньчжурии. В дальнейшем коллекции пополнялись экспедициями ВИР и по выписке из генетических банков семян. В настоящее время в институте сосредоточено мировое генетическое разнообразие маша, адзуки и спаржевой вигны. Образцы в коллекциях отличаются значительным внутривидовым полиморфизмом по морфологическим, биологическим и хозяйственно ценным признакам. Многие образцы поступили из очагов мирового земледелия.

V. angularis (адзуки, угловатая фасоль). По данным археологических исследований, на юге ДВ адзуки возделывали с VIII века, и вместе с просом, голозерным ячменем, пшеницей и соей эта культура составляла основу бохайского земледелия (Сергушева, 2018). Наибольшее число образцов *V. angularis* поступило в генетический банк ВИР из Китая (118), Японии (69), Индии (35) и Приморского кр. (31). Первые образцы были привлечены в коллекцию с территории Приморской губернии в 1920–1923 гг. (г. Никольск-Уссурийский, г. Александровск, с. Шкотово, с. Заречье и др.). Судя по местам сбора староместных сортов, вид повсеместно возделывался на юге ДВ до 1948 г., причем не только в частных хозяйствах корейцев и китайцев, но и в колхозах. В настоящее время угловатая фасоль встречается только на корейских огородах. Однако в последние годы у селекционеров Приморья возник интерес к культуре, этому способствовали: устойчивость адзуки к грибным заболеваниям, адаптивность вида к условиям муссонного климата, возможность получения стабильных урожаев, высокая стоимость семян и спрос на них в Японии. В 2015–2018 гг. на Приморской овощной опытной станции филиале Федерального научного центра овощеводства было проведено

селекционное изучение 105 образцов адзуки из коллекции ВИР и создано семь сортов: три для садово-огородного использования, один универсальный и три для возделывания в сельскохозяйственном производстве (Корнилов и др., 2019). В исследованиях, проведенных в 2009–2019 гг. на опытных станциях Приморского края урожайность образцов варьировала от 0,55 до 3,04 т/га, вегетационный период (в. п.) от 105 до 140 дн., высота растения от 50 до 110 см, высота прикрепления нижнего боба от 15 до 22 см, масса 1000 семян от 86 до 212 г. Полученные на опытных полях показатели урожайности семян не уступали мировым, так, в странах, где адзуки культивируется традиционно, они достигают 0,3–3,0 т/га. Интересно заметить, что урожайность семян сортов сои нового поколения на ДВ не превышает 2,6–2,9 т/га (Хасбиуллина и др., 2017).

V. radiate (маш). В коллекции ВИР находятся 3 подвида – индийский, иранский и китайский. Большая часть образцов привлечена из Индии (655), Вьетнама (291), Филиппин (172), Китая (163), Кении (95) и Японии (83). В России было собрано 42 обр., в основном на Дальнем Востоке (в Амурской обл. и Приморском крае), некоторые из них были найдены на корейских полях экспедициями ВИР в 1920–1923 гг. в г. Никольск-Уссурийский, в г. Владивостоке и др. Самое большое разнообразие экологических форм наблюдается у образцов из Индии. Местные сорта с северного предела ареала культуры (из Китая и Кореи) более однообразны. Маш из Ирана, Афганистана и Средней Азии также однороден и слабо дифференцирован по морфологическим признакам. При изучении образцов маша в опытной сети юга ДВ урожайность семян изменялась в пределах 0,02–0,27 т/га, в. п. – 105–140 дн., высота растения – 30–100 см, масса 1000 семян – 28–62 г. В результате нашего исследования было выявлено, что для возделывания на юге ДВ наибольшее значение имеют скороспелые и крупносемянные образцы, относящиеся к китайскому подвиду.

V. unguiculata subsp. sesquipedalis (спаржевая вигна). Большинство образцов в коллекции ВИР из Китая. Единичные образцы были собраны в Приморском крае в с. Константиновка и с. Синельниково в начале прошлого века (в 1928 г.). В наши дни спаржевая вигна хорошо известна среди садоводов Приморья и выращивается на приусадебных участках ради длинных бобов, которые используют в пищу как овощную фасоль. Изучение культуры на Дальневосточной опытной станции филиале ВИР показало значительное разнообразие образцов по основным хозяйственно ценным признакам. В зависимости от биологических особенностей сорта, продолжительность периода «всходы – начало созревания» колебалась от 78 до 91 дн., высота растения – 0,6–3,5 м, длина боба – 20–104 см, вес бобов в стадии технической спелости – 42–815 г/м², продуктивность семян – 70–815 г/м², масса 1000 семян – 100–160 г. По результатам анализа из коллекции были выделены образцы перспективные для промышленного возделывания и для выращивания в подсобных хозяйствах ДВ. Впервые для условий Приморского края создан сорт спаржевой вигны ‘Лянчихе’ с кустовой формой растения.

Изучение генофонда мировых растительных ресурсов маша, адзуки, спаржевой вигны из коллекции ВИР показало возможность выращивания этих культур на юге ДВ и позволило выявить образцы перспективные для возделывания на данной территории.

ОСОБЕННОСТИ ВЕГЕТАЦИИ И ФОРМИРОВАНИЯ СЕМЕННОЙ ПРОДУКТИВНОСТИ СОРТОВ ЛЮПИНА УЗКОЛИСТНОГО С РАЗЛИЧНЫМ ТИПОМ ВЕТВЛЕНИЯ В УСЛОВИЯХ МОСКОВСКОЙ ОБЛАСТИ

Е.В. Власова

Федеральный научный селекционно-технологический центр садоводства
и питомниководства, Москва, Россия, stevlas@yandex.ru

FEATURES OF GROWTH AND FORMATION OF SEED PRODUCTIVITY IN NARROW-LEAVED LUPINE CULTIVARS WITH VARIOUS BRANCHING TYPES UNDER THE CONDITIONS OF MOSCOW PROVINCE

E.V. Vlasova

Federal Horticultural Research Center for Breeding, Agrotechnology and and Nursery, Moscow,
Russia, stevlas@yandex.ru

Использование сортов люпина узколистного с редуцированным ветвлением считается эффективным средством решения проблемы нестабильности семенной продуктивности. Однако крайняя степень детерминации ветвления накладывает ограничения на размер потенциальной продуктивности сортов из-за недостаточного развития вегетативной сферы. Кроме того, по наблюдениям ряда исследователей детерминантные сорта люпина узколистного характеризуются слабостью корневой системы и обладают повышенной чувствительностью к водному дефициту и высоким температурам воздуха.

Для оценки влияния редукции ветвления на степень изменчивости сроков созревания и семенной продуктивности и ее элементов проведена сравнительная оценка результатов многолетних полевых испытаний (2009–2020) сортов люпина узколистного колосовидного ('Ладный', 'Дикаф 14') и индетерминантного ('Немчиновский 846', 'Белозёрный 110') типов в контрастных метеорологических условиях Московской области.

Семена колосовидных сортов были готовы к уборке раньше, чем индетерминантных на 3 дня в течение шести лет, на 7–12 дней – четыре года, от 9 до 24 дней – в 2017 г., более 45 дней – в 2019 г. Преимущества колосовидных форм оценили по достоинству в 2019 году, когда сорта колосовидного типа были готовы к уборке во II декаде августа, в то время как у индетерминантных сортов еще в сентябре оставались зелеными вегетативные органы и бобы на боковых ветвях. По результатам регрессионного анализа установлено, что повышение среднесуточной температуры воздуха в период «цветение – созревание» на 1°C в среднем ускоряло наступление даты созревания у индетерминантных сортов на 6,2–7,5 дней, у колосовидных сортов на 2,8–3,3 дня. Для дружного созревания сортов индетерминантного типа до середины августа необходимо, чтобы среднесуточная температура воздуха в период «цветение – созревание» превышала +19°C.

В среднем за 12 лет вес семян с растения у индетерминантных сортов был в 2 раза выше, чем у колосовидных. В основном такие различия были обусловлены в 3 раза большим числом бобов на боковых ветвях у индетерминантных сортов. Коэффициент вариабельности массы 1000 семян и числа семян в бобе был ниже у индетерминантных сортов по сравнению с колосовидными. Индетерминантные сорта в плане семенной продуктивности характеризовались лучшими показателями пластичности b_i , коэффициента адаптивности Кад и ПУСС по сравнению с колосовидными. Однако Сорт 'Дикаф 14' превосходил остальные сорта по показателям стабильности s_{2d} и W_i , что свидетельствовало о возможности селекции колосовидных форм на стабильность семенной продуктивности.

ИСХОДНЫЙ МАТЕРИАЛ ДЛЯ СЕЛЕКЦИИ ГОРОХА НА ВЫСОКУЮ СЕМЕННУЮ ПРОДУКТИВНОСТЬ В УСЛОВИЯХ ПРЕДУРАЛЬСКОЙ СТЕПИ РЕСПУБЛИКИ БАШКОРТОСТАН

Ф.А. Давлетов^{1*}, К.П. Гайнуллина^{2}**

¹ Уфимский федеральный исследовательский центр Российской академии наук, Башкирский научно-исследовательский институт сельского хозяйства – обособленное структурное подразделение УФИЦ РАН, Уфа, Россия, *davletovfa@mail.ru

² Уфимский федеральный исследовательский центр Российской академии наук, Институт биохимии и генетики – обособленное структурное подразделение УФИЦ РАН, Уфа, Россия, **karina28021985@yandex.ru

SOURCE MATERIAL FOR PEA BREEDING FOR HIGH SEED PRODUCTIVITY UNDER THE CONDITIONS OF THE CIS-URAL STEPPE OF THE REPUBLIC OF BASHKORTOSTAN

F.A. Davletov^{1*}, K.P. Gainullina^{2}**

¹ Ufa Federal Research Centre of the Russian Academy of Sciences, Bashkir Research Institute of Agriculture, subdivision of the UFRC RAS, Ufa, Russia, *davletovfa@mail.ru

² Ufa Federal Research Centre of the Russian Academy of Sciences, Institute of Biochemistry and Genetics, subdivision of the UFRC RAS, Ufa, Russia, **karina28021985@yandex.ru

Для повышения урожайности и технологичности гороха необходимо выявлять и вовлекать в селекционный процесс новые доноры хозяйственно ценных признаков. Поэтому важным этапом селекции является изучение исходного материала, который служит источником наследственной изменчивости. В 2019–2021 гг. мы проводили оценку исходного материала для селекции гороха на опытном поле лаборатории селекции и первичного семеноводства зернобобовых и крупяных культур Башкирского НИИСХ УФИЦ РАН. Объектом исследований послужили 210 сортообразцов гороха, из них 36 – местной, 108 – инорайонной (отечественной) и 66 – зарубежной селекции. В число приведенных сортообразцов входит 78 номеров с усатым типом листа (ген *af*) и 120 номеров с признаком неосыпаемости семян (ген *def*).

Изучение коллекционного материала гороха проводилось по методике ВИР (1975). Содержание белка в семенах определяли по методу Кьельдаля, разваримость семян – по методике А.В. Соснина. Сортообразцы оценивали по следующим признакам и свойствам: продолжительность вегетационного периода («всходы – созревание»), урожайность и элементы структуры урожая, устойчивость к полеганию, содержание белка и разваримость семян.

В наших исследованиях продолжительность вегетационного периода зависела от условий выращивания и сортовых особенностей, причем последние играли ведущую роль. В среднем за 2019–2021 гг. продолжительность периода от всходов до созревания у изученных сортообразцов составила 58–67 суток ($X_{\text{ср.}} = 62,5 \pm 0,21$ суток, $V_c = 2,6\%$). У образцов инорайонной (отечественной) селекции продолжительность периода всходы – созревание колебалось от 59 до 64 суток ($X_{\text{ср.}} = 61,5 \pm 0,20$ суток, $V_c = 1,9\%$), местной селекции – от 58 до 63 суток ($X_{\text{ср.}} = 60,5 \pm 0,21$ суток, $V_c = 2,0\%$). Сильнее проявились сортовые особенности по данному показателю у сортообразцов зарубежной селекции. Так, созревание у них происходило с разницей 2–8 суток. По полученным нами данным была выделена группа скороспелых сортообразцов с длиной межфазного периода «всходы – созревание» 58–59 суток. В нее вошли сортообразцы Чишминский ранний, Чишминский 80, Чишминский 95, Памяти Хангильдина, Л-28158, Л-29477, Л-26952, Л-23654, Флагман 7, Флагман 9, К-8393 (Орел 2141), К-8417 (Крепыш), К-8718 (Англия), К-6039 (Германия), К-8525 (Индия). В селекции на скороспелость большой интерес

представляют сортобразцы Чишминский 95, Памяти Хангильдина, Л-28158, Флагман 9, обладающие высокой продуктивностью семян.

Одним из основных признаков, характеризующих хозяйственную ценность сорта, является его урожайность. В результате изучения 210 образцов коллекции выделена группа сортобразцов, отличающихся высокой и стабильной урожайностью. В этой группе по комплексу хозяйственно ценных признаков и свойств привлекают внимание сортобразцы: местной селекции – Чишминский 95, Памяти Хангильдина, Л-28158, Памяти Попова; инорайонной (отечественной) селекции – Флагман 9, Флагман 12, Труженик, Усач, Омский 18; зарубежной селекции – К-8750 (Португалия), К-7992 (Корея).

Одним из наиболее важных признаков в структуре урожая является число бобов на растении. В среднем за 2019-2021 гг. максимальным числом бобов на растении (от $4,8 \pm 0,14$ до $5,8 \pm 0,18$ шт.) характеризовались сортобразцы Чишминский 75, Чишминский 95, Чишминский 229, Спрут, Флагман 9, К-8396 (Орел 2141), И-0141086 (ВИР), Вахшский 1 (Узбекистан).

В селекции на выполненность бобов перспективны сортобразцы Памяти Попова, Мелкосемянный 2, Л-23654, Труженик, Аксайский усатый 55, Мультик, Флагман 12, Флаванда, К-7992 (Корея). Представляют большой интерес сортобразцы с максимальным числом семян с растения. В среднем за 2019–2021 гг. у изученных сортобразцов число семян с растения варьировало от 0,9 до 19,0 шт. ($X_{\text{ср.}} = 14,0 \pm 0,60$ шт.). Так, у сортобразцов местной селекции число семян с растения составило 9,5–19,0 шт. ($X_{\text{ср.}} = 14,3 \pm 0,58$ шт.), инорайонной (отечественной) селекции – 9,2–17,3 шт. ($X_{\text{ср.}} = 13,3 \pm 0,55$ шт.), зарубежной селекции – 9,0–17,0 шт. ($X_{\text{ср.}} = 13,0 \pm 0,60$ шт.). Максимальным числом семян с растения (от $16,0 \pm 0,56$ до $19,0 \pm 0,60$ шт.) отличались сортобразцы Чишминский 229, Мелкосемянный 2, Памяти Попова, Зеленозерный 1, Аксайский усатый 55, Спрут, К-8396 (Орел 2141), Вахшский 1 (Узбекистан).

Высокой массой 1000 семян (до 260 г) выделялись сортобразцы Памяти Хангильдина, Шихан, Л-26665, Орловчанин, Топаз, Топаз 2, Батрак, К-8714 (Адыгея), К-2601 (Италия).

В наших исследованиях относительной неполегаетостью стебля характеризовались образцы Уфа 75, Памяти Попова, Л-27259, Батрак, Мультик, Флагман 9, К-8714 (Адыгея) с коэффициентом устойчивости к полеганию $K_y > 0,80$.

В результате проведенного исследования была выделена группа образцов с повышенным содержанием белка в семенах (23,4–24,2%), включающая сортобразцы Л-29865, К-2402 (Финляндия), К-5840 (Германия), К-7678 (США). Отличной разваримостью семян ежегодно характеризовались сортобразцы Чишминский 95, Памяти Хангильдина, Памяти Попова, Л-27270, Л-29865, Флагман 9, Аксайский усатый 55. Выделившиеся по хозяйственно ценным признакам и свойствам сортобразцы были использованы для получения гибридов.

СОЗДАНИЕ СИНТЕТИЧЕСКИХ СОРТОПОПУЛЯЦИЙ ЛЮЦЕРНЫ ИЗМЕНЧИВОЙ С ВЫСОКОЙ СЕМЕННОЙ ПРОДУКТИВНОСТЬЮ ДЛЯ УСЛОВИЙ СЕВЕРО-ЗАПАДА РОССИИ

Е.А. Дзюбенко

Федеральный исследовательский центр Всероссийский институт генетических ресурсов растений имени Н.И. Вавилова, Санкт-Петербург, Россия, elena.dzyubenko@gmail.com

DEVELOPMENT OF SYNTHETIC VARIETAL POPULATIONS OF *MEDICAGO VARIA* WITH HIGH SEED PRODUCTIVITY FOR THE NORTHWESTERN RUSSIA

E.A. Dzyubenko

N.I. Vavilov All-Russian Institute of Plant Genetic Resources, St. Petersburg, Russia,
elena.dzyubenko@gmail.com

Культурная многолетняя люцерна является важным источником кормового белка. Расширение посевов люцерны на Северо-Западе требует использования сортов, адаптированных к кислым почвам, зимостойких и продуктивных. Северо-Западный регион РФ не является зоной ведения семеноводства люцерны. Однако созданные и испытанные на научно-производственной базе ВИР (НПБ) «Пушкинские и Павловские лаборатории ВИР») синтетические популяции люцерны демонстрируют высокую семенную продуктивность, равную или превосходящую урожайность люцерны в зоне ее традиционного семеноводства, где она составляет в среднем 2, 3 ц/га. Для повышения семенной продуктивности у люцерны эффективно использование генетических систем самофертильности (преодоление барьера самонесовместимости при самоопылении данного вида, являющегося факультативным перекрестником), автотриппинга (самопроизвольного открывания цветков) и детерминантного типа роста побега. Детерминантность у люцерны способствует дружному плодообразованию и снижает израстание.

Для формирования синтетиков в 2015 году были отобраны исходные автофертильные родительские компоненты, из которых были сформированы экспериментальные синтетические популяции. Признаки самофертильности и автотриппинга были введены из созданной на Приаральской опытной станции ВИР синтетической популяции люцерны посевной СФА-21 (сорт 'Карлыгаш'). Для внедрения в синтетик необходимого для Нечерноземной зоны признака кислотоустойчивости на старовозрастных посевах были отобраны лучшие генотипы люцерны изменчивой. Семена и клоны люцерны изменчивой были собраны на заброшенных полях в Батецком районе Новгородской области в 2013 году, в 2014 году высажены клонами (корнями) и высеяны семенами в полевых условиях Пушкинских лабораторий ВИР. По морфобиологическим показателям исходный материал был подобран под определенную модель: прямостоячая форма куста, самофертильность на уровне 50–70%, автотриппинг – 30–50%, высокая семенная и кормовая продуктивность, устойчивость к корневым гнилям.

Поклоение SYN-0 было сформировано на основе свободного переопыления исходных родительских компонентов. Поклоения синтеза (SYN-1 – SYN-3) формировались в полевых условиях НПБ «Пушкинские и Павловские лаборатории ВИР» в течение 2016–2019 гг. В поколении синтеза SYN-3 была выделена 4-клоновая популяция (перспективный сорт), характеризующаяся повышенной семенной и кормовой продуктивностью. В 2019 году данная популяция была высеяна на площади 350 кв. м. на НПБ «Пушкинские и Павловские лаборатории ВИР» в Павловске. Урожайность семян синтетика на учетной площади в 100 кв. м. составила 2,30 ц/га в 2020 г., 2,87 ц/га в 2021 г.,

2,33 ц/га в 2022 г. и на 125% превышала урожайность районированного сорта 'Николена', размножаемого в Павловске, в 2022 году. Однако синтетик характеризовался поздним созреванием семян, что затрудняет механизированную уборку семян во время дождей в сентябре-октябре. Для решения данной проблемы при создании новых сортов-синтетиков была применена 3-я генетическая система – в популяцию были введены мутантные гены детерминантности (ti , $ti-s$). Растения с детерминантным типом роста были выделены в инбредных поколениях в условиях теплицы и световой комнаты в 2018–2019 гг. В 2021 году были сформированы 12 многоклоновых синтетических популяций, в которых использовались все три генетические системы. Оценка синтетиков в 2022 году показала, что период цветения и созревания семян сократился на 7–25 дней по сравнению с перспективным синтетическим сортом, созданным в 2019 году. Вероятность механизированной уборки семян таких синтетиков во второй половине августа весьма высока.

Таким образом, в результате синтеза южных автофертильных генотипов с северными местными генотипами, высокоадаптированными к неблагоприятным биотическим и абиотическим факторам внешней среды, сформированы селекционные синтетические популяции люцерны изменчивой, пригодные для сельскохозяйственного использования в условиях Северо-Западного региона РФ. Впервые созданы синтетические популяции с частично детерминантным типом роста побега. Признак поддерживается в популяциях и способствует повышению скороспелости и семенной продуктивности люцерны.

ПОИСК ИСТОЧНИКОВ ПРОДУКТИВНОСТИ И АДАПТИВНОСТИ ДОННИКА (*MELILOTUS* MILL.) ИЗ КОЛЛЕКЦИИ ВИР В УСЛОВИЯХ СЕВЕРО-ЗАПАДА РФ

О.В. Дук*, С.Г. Симонова, М.Ю. Яковлева, Л.Л. Малышев

Федеральный исследовательский центр Всероссийский институт генетических ресурсов растений имени Н.И. Вавилова, Санкт-Петербург, Россия, *o.douk@vir.nw.ru

SCREENING OF SWEET CLOVER (*MELILOTUS* MILL.) FROM THE VIR COLLECTION FOR SOURCES OF PRODUCTIVITY AND ADAPTABILITY UNDER THE CONDITIONS OF THE NORTHWEST OF THE RUSSIAN FEDERATION

O.V. Duk*, S.G. Simonova, M.Yu. Yakovleva, L.L. Malyshev

N.I. Vavilov All-Russian Institute of Plant Genetic Resources, St. Petersburg, Russia, *o.douk@vir.nw.ru

Донник является ценной кормовой, фитомелиоративной, медоносной и лекарственной культурой. Коллекция донника (*Melilotus* Mill.) насчитывает 1538 образцов, представлена 16 видами, 6 из которых введены в культуру: донник белый (*Melilotus albus* Medik.), донник желтый (*Melilotus officinalis* (L.) Pall.), донник волосистый (*Melilotus hirsutus* Lipsky), донник зубчатый (*Melilotus dentatus* (Waldst. et Kit.) Pers.), донник волжский (*Melilotus wolgicus* Poir.) и донник душистый (*Melilotus suaveolens* Ledeb.). Наиболее распространенные виды донника белый (*M. albus*) и желтый (*M. officinalis*) Большой интерес представляют дикорастущие образцы донника, которые отличаются высокой адаптивной способностью.

В изучении в НПБ «Пушкинские и Павловские лаборатории ВИР» находились дикорастущие образцы донника белого (*M. albus*) и желтого (*M. officinalis*) различного эколого-географического происхождения, представляющие все регионы РФ. Изучение проводилось по методическим указаниям ВИР (Изучение коллекции..., 1985). В качестве стандарта использовался сорт донника белого 'Алмаз' Пензенского НИИСХ (к-53227). Результаты опыта обрабатывались в пакете прикладных программ Statistika 12,0.

В результате изучения выявлены дикорастущие образцы, которые превысили стандарт или были на его уровне по хозяйственно ценным признакам. По высоте образец донника желтого из Свердловской области (к-51744) превысил стандарт на 20-й день после отрастания – $47,4 \pm 5,21$ см и был на его уровне по высоте в начале цветения – $101,9 \pm 9,46$ см. Показатели стандарта по высоте – $42,5 \pm 2,58$ см на 20-й день после отрастания, $100,2 \pm 4,44$ см в начале цветения. Высокую облиственность имели образцы донника белого из Ярославской (к-50394) – $46,5 \pm 4,77\%$, Псковской (к-51615) – $42,0 \pm 0,75\%$ и Тюменской (к-15444) – $40,5 \pm 4,41\%$ областей, образцы донника желтого из Свердловской области (к-51744) – $41,4 \pm 2,01\%$, Алтайского края (к-46228) – $41,0 \pm 2,61\%$ и Сахалина (к-52496) – $40,9 \pm 2,76\%$. Стандарт имел облиственность $32,8 \pm 1,89\%$. По признаку тонкостебельность превзошли стандарт образцы донника желтого из Коми (к-34759) – $5,0 \pm 0,37$ мм и Алтайского края (к-46228) – $5,8 \pm 0,63$ мм, а также образцы донника белого из Псковской области (к-51615) – $5,4 \pm 0,34$ мм и Карачаево-Черкесии (к-51280) – $6,0 \pm 0,52$ мм. Показатели стандарта по данному признаку – $8,0 \pm 0,32$ мм. По урожайности зеленой массы на уровне стандарта были дикорастущие образцы донника желтого из Бурятии (к-45802) – $1625,0 \pm 392,27$ г/м² и Свердловской области (к-51744) – $1575,0 \pm 347,31$ г/м². Урожай зеленой массы стандарта $1581,8-192,98$ г/м². По семенной продуктивности все дикорастущие образцы уступали стандарту. Период «отрастание – начало цветения» у образцов донника длился от 53 до 71 дня. Зацвели через 53 дня образец донника желтого из Краснодарского края (к-51472) – $53 \pm 0,00$ дня и донника белого из Иркутской области (к-52499) – $53 \pm 0,00$ дня. Стандарт зацвел через $71 \pm 0,00$ день.

Период «отрастание – созревание семян» колебался от 119 до 148 дней. Самым скороспелым был дикорастущий образец из Иркутской области (к-52499) – $119 \pm 0,00$ дней. Самым позднеспелым был стандарт – $148 \pm 0,00$ дней.

Наибольшую ценность представляют дикорастущие образцы, отличающиеся высокой облиственностью и тонкостебельностью, так как эти признаки определяют качество корма.

Представляет интерес дикорастущий образец донника желтого из Свердловской области (к-51744), который превысил стандарт по признаку облиственности и имел урожайность зеленой массы и высоту на уровне стандарта.

Выделенные образцы перспективны для использования в качестве источников хозяйственно ценных признаков в селекционных программах.

Род *Melilotus* имеет широкий ареал, в который входят засушливые территории, характерные для большей части РФ, поэтому представляют интерес образцы коллекции, наиболее адаптированные к условиям засухи. С этой целью определялась засухоустойчивость изучаемых образцов по изменению параметров водного режима (водоудерживающей и водопоглощающей способности). Изучение проводили по методическим указаниям ВИР (Определение засухоустойчивости..., 1984).

Водоудерживающая способность листьев растения – это свойство, помогающее растению противостоять обезвоживанию, является интегральным, позволяющим определить границы адаптивной изменчивости и судить о степени устойчивости растений к засухе.

Водопоглощающая способность листьев – это свойство растительных тканей восстанавливать при насыщении исходное содержание воды после того, как они подверглись глубокому искусственному обезвоживанию.

Превысили стандарт по водоудерживающей способности (оценивалась по потере воды, в среднем за два года изучения) дикорастущие образцы донника желтого из Краснодарского края (к-51472) – $54,2 \pm 2,22\%$ и Коми (к-34759) – $70,6 \pm 4,53\%$ и донника белого из Чувашии (к-10506) – $68,2 \pm 3,25\%$. Потеря воды у стандарта составляла $75,1 \pm 5,83\%$.

По водопоглощающей способности (оценивалась по количеству непоглощенной воды) превысили стандарт (в среднем за два года изучения) те же дикорастущие образцы донника желтого из Краснодарского края (к-51472) – $11,4 \pm 8,63\%$ и Коми (к-34759) – $22,4 \pm 3,77\%$. Показатель стандарта $33,7 \pm 5,18\%$.

Образцы, превысившие стандарт по водоудерживающей способности и водопоглощающей способности, представляют интерес для селекции в качестве источников засухоустойчивости.

Список литературы

Изучение коллекции многолетних кормовых растений: (методические указания) / составители: А.И. Иванов [и др.]. Ленинград : ВИР, 1985. 48 с.

Определение засухоустойчивости зерновых культур по изменению параметров водного режима (водоудерживающей способности, водопоглощающей способности, водного дефицита): (методические указания) / составитель Н.Н. Кожушко ; под редакцией Г.В. Удовенко. Ленинград : ВИР, 1984. 14 с.

СРАВНИТЕЛЬНАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА СОРТОВ ВИКИ ПОСЕВНОЙ (*VICIA SATIVA* SUBSP. *SATIVA*) ПО ПОЛИПЕПТИДНЫМ СПЕКТРАМ СЕМЯН

Э.Э. Егги, Т.Г. Александрова*

Федеральный исследовательский центр Всероссийский институт генетических ресурсов растений имени Н.И. Вавилова, Санкт-Петербург, Россия, *t.alexandrova@vir.nw.ru

COMPARATIVE CHARACTERISTICS OF COMMON VETCH (*VICIA SATIVA* SUBSP. *SATIVA*) CULTIVARS BASED ON SEED POLYPEPTIDE PATTERNS

E.E. Eggi, T.G. Aleksandrova*

N.I. Vavilov All-Russian Institute of Plant Genetic Resources, St. Petersburg, Russia,

*t.alexandrova@vir.nw.ru

Идентификация и регистрация культурных растений с помощью белковых маркеров ведутся в ВИР десятки лет (Конарев, 2000). В частности, разработаны методики использования полипептидных спектров семян методом SDS электрофореза по Лаэмли с целью идентификации, определения подлинности и чистоты партий семян сортов гороха посевного, люпина узколистного, козлятника восточного (Тарлаковская и др., 1990; Егги, 2012, 2016).

К настоящему времени методом SDS электрофореза зарегистрированы полипептидные спектры семян большинства районированных в разное время и сохраняемых в коллекции ВИР сортов вики посевной. Данной работе предшествовала успешно проведенная идентификация неизвестного коммерческого образца вики посевной (Егги, Александрова, 2019). Цель и задачи настоящей работы – выделить редкие и часто встречающиеся сочетания белковых компонентов в семенах вики посевной, провести сравнительный анализ сортов вики посевной по вариабельности полипептидных зон, вариабельности полипептидных спектров внутри сортов и между сортами разных оригинаторов/патентообладателей.

Спектр вики посевной сложен по составу и включает как запасные белки (интенсивные полипептиды), так и ферменты (как правило, слабые компоненты). Для удобства анализа, спектр разбит на 7 зон, каждая из которых анализировалась отдельно. В каждой зоне были выделены все возможные сочетания полипептидов, по которым спектры семян изучаемого вида вики различались. Стабильные, видоспецифичные компоненты не рассматривались. Выделенные варианты получили цифровое (номер зоны) и буквенное (тип спектра) обозначение. В первой зоне выявлено два типа спектров. Эта зона практически одинакова у всех сортов. Исключение составил сорт 'Орловская 1', в спектрах 25% семян которой обнаружен тип спектра, характерный для ранее изученных образцов, отнесенных по классификации Репьева, Станкевич к *Vicia sativa* subsp. *linearifolia* (1995). Вторая зона включает полипептиды запасного белка – 7S глобулина. Выявлено два типа спектров этого белка, один из которых статистически коррелировал с ярко оранжевой окраской семядолей. В третьей зоне присутствуют кислые полипептиды другого типа запасного белка – 11S глобулина. В ней также выявлено два типа спектра, однако они приурочены к слабым компонентам. В четвертой зоне – три варианта ферментативных белков. Пятая зона включает основные полипептиды 11S глобулина, представленного пятью вариантами. Ранее было показано, что по этой зоне статистически достоверно различались сорта козлятника восточного, перекрестно опыляемой бобовой культуры. Шестая зона включает семь вариантов белковых спектров, седьмая – шесть. Последние две зоны представлены слабыми компонентами.

Представляем результаты изучения 47 сортов вики посевной по степени вариабельности полипептидных спектров:

1. Выровненные: 'Льговская 22' (к-36445), 'Льговская 28' (к-35625), 'Надежда' (к-35562), 'Nacre F1' (к-37819), 'Spido F1' (к-37820);

2. Слабо варьируемые: 'Ассорти' (к-37474), 'Барнаулка' (к-36639), 'Белорозовая 109' (к-36373), 'Гармония' (к-37821), 'Красноуфимская 49' (к-30457), 'Кшень' (к-37478), 'Луговская 15' (к-37881), 'Луговчанка' (к-35974), 'Льговская 60' (к-34969), 'Мега' (к-37880), 'Немчиновская 72' (к-35346), 'Немчиновская юбилейная' (к-37467), 'Никольская' (к-36638), 'Новосибирская' (к-36024), 'Омичка 3' (к-36247), 'Орловская 84' (к-36130), 'Орловская 88' (к-36258), 'Орловская 96' (к-36616), 'Уголек' (к-37468), 'Юбилейная 11'0 (к-36654);

3. Варирующие: 'Валентина' (к-37475), 'Вера' (к-36499), 'ЛОС 5' (к-36092), 'Луговская 24' (к-37476), 'Луговская 83' (к-36379), 'Луговская 85' (к-36371), 'Луговская 98' (к-36652), 'Людмила' (к-36563), 'Непоседа' (к-36653), 'Омичка 2' (к-36093), 'Орловская 1' (к-35628), 'Орловская 4' (к-35972), 'Орловская 37' (к-35307), 'Орловская 91' (к-36615), 'Спутница' (к-37463), 'Тарбаевская местная' (к-34363), 'Узуновская 91' (к-36500), 'Ярославская 136' (к-34903);

4. Сверхварирующие: 'Елена' (к-37466), 'Узуновская 83' (к-36023), 'Цивиланка' (к-36250), 'Южноуральская 153' (к-35035).

Приводим подборку проанализированных сортов, зарегистрированных разными оригинаторами / патентообладателями (Госреестр, 2022) и их числовое распределение по степени варируемости полипептидных спектров семян:

- ФГБНУ «Федеральный научный центр зернобобовых и крупяных культур»: из 11 сортов ('Ассорти', 'Кшень', 'Никольская', 'Орловская 1', 'Орловская 4', 'Орловская 37', 'Орловская 84', 'Орловская 88', 'Орловская 91', 'Орловская 96' и сорт 'Юбилейная 110' с участием ООО «Агрокомплекс «Кургансемена») – 7 слабоварирующих, 4 варьирующих;

- ФНЦ «ВИК им. В.Р. Вильямса»: из 8 сортов ('Валентина'; 'Вера' с участием ГУП МО «Московская селекционная станция» и НПО «Подмосковье»; 'Луговская 15'; 'Луговская 24'; 'Луговская 83'; 'Луговская 85' с участием ФГБУН Федеральный исследовательский центр «Тюменский научный центр СО РАН»; 'Луговская 98' с участием ФГБНУ «Верхневолжский ФАНЦ»; 'Луговчанка') – 2 слабоварирующих, 6 варьирующих;

- ФГБНУ ФИЦ «Немчиновка»: из 7 сортов ('Белорозовая 109' с участием ГБПОУ «Работкинский аграрный колледж», ООО «Бармино», ООО «Агроэкосистемы»; 'Елена'; 'Людмила' с участием ООО «Агрокомплекс-Н»; 'Мега'; 'Немчиновская 72'; 'Немчиновская юбилейная' с участием СПК колхоз «Звезда»; 'Уголек') – 5 слабоварирующих, 1 варьирующий, 1 сверхварирующий;

- ГУП МО «Московская селекционная станция»: из 4 сортов ('Непоседа', 'Спутница', 'Узуновская 83', 'Узуновская 91' с участием ФНЦ «ВИК им. В.Р. Вильямса») – 3 варьирующих, 1 сверхварирующий;

- Льговская опытно-селекционная станция – филиал ФГБНУ «ВНИИССС им. А.Л. Мазлумова»: из 4 сортов ('ЛОС 5'; 'Льговская 22' с участием ГОНО ЭСХ «ДЯТЬКОВО» ГНУ ВНИИ кормов, ООО «Агрофирма «САНАРЫ», ФГБУН Самарский Федеральный исследовательский центр РАН, СХПК им. Карла Маркса; 'Льговская 28'; 'Льговская 60') – 2 выровненных, 1 слабоварирующий, 1 варьирующий;

- ФГБНУ «Омский аграрный научный центр»: из 2 сортов ('Омичка 2', 'Омичка 3') – 1 слабоварирующий, 1 варьирующий;

- ФГБНУ «Федеральный Алтайский научный центр агробиотехнологий»: 2 сорта 'Барнаулка' и 'Гармония' с участием ФГБНУ ФИЦ «Институт цитологии и генетики СО РАН» – слабоварирующие;

- ГНУ «Ярославский НИИ животноводства и кормопроизводства»: сорт 'Ярославская 136' – варьирующий;

- ФГБНУ «Верхневолжский ФАНЦ»: сорт 'Тарбаевская местная' – сверхвариабельный;
- ФГБНУ «Иркутский научно-исследовательский институт сельского хозяйства»: сорт 'Надежда' – выровненный;
- ФГБНУ «Уральский федеральный аграрный научно-исследовательский центр УО РАН»: сорт 'Красноуфимская 49' с участием ФГБНУ «Челябинский научно-исследовательский институт сельского хозяйства» – слабовариабельный;
- ФГБНУ «Федеральный аграрный научный центр северо-востока имени Н.В. Рудницкого»: сорт 'Цивилиянка' – сверхвариабельный;
- ФГБНУ «Челябинский научно-исследовательский институт сельского хозяйства»: сорт 'Южноуральская 153' – сверхвариабельный;
- ФГБНУ ФИЦ «Институт цитологии и генетики СО РАН»: сорт 'Новосибирская' – слабовариабельный;
- Сорта 'Nacre F1' и 'Spido F1', поступившие из Франции (Maisadour Semences SA) через ООО «Майзадур Семанс Кубань» – выровненные.

Все сорта получили белковый паспорт (полипептидную формулу), который может быть использован для регистрации коллекционного образца и компьютерной обработки информации по совокупности образцов. Примеры белкового паспорта* для однородного и сверхвариабельного по полипептидным спектрам сортов, где цифра – номер полипептидной зоны; буква – тип спектра; в скобках через двоеточие – примерное соотношения типов спектров (в паспорте указаны типы спектров, содержание которых более 10%; типы спектров, содержание которых менее 10% вынесено рядом отдельным текстом:

1. 'Надежда': 1a.2a.3a.4b.5a1.6b2.7b.
2. 'Южноуральская 153': 1a.2b.3a.4a.[5a1:(5a2+5a) $\approx$ 2:1].[6b:6г:6b2 $\approx$ 5:4:1].[7b:7г:7a $\approx$ 2:2:1]. Выявлено < 10% семян с типом спектра 2a.

Метод анализа электрофоретических полипептидных спектров может использоваться не только для идентификации, определения подлинности и чистоты семян сортов, но и при отборе и анализе семенного материала на разных этапах селекционного процесса.

ПЕРСПЕКТИВЫ СЕЛЕКЦИИ ФАСОЛИ ОВОЩНОЙ (*PHASEOLUS VULGARIS* L.) НА УСТОЙЧИВОСТЬ К ВИРУСУ ОБЫКНОВЕННОЙ МОЗАИКИ ФАСОЛИ (*POTYVIRIDAE, POTYVIRUS*) В УСЛОВИЯХ МОСКОВСКОЙ ОБЛАСТИ

И.А. Енгальчева*, Е.Г. Козарь, А.С. Домблидес, А.А. Антошкин
Федеральный научный центр овощеводства, Московская область, Россия,
*engirina1980@mail.ru

PROSPECTS OF GREEN BEAN (*PHASEOLUS VULGARIS* L.) BREEDING FOR RESISTANCE TO THE BEAN COMMON MOSAIC VIRUS (*POTYVIRIDAE, POTYVIRUS*) UNDER THE CONDITIONS OF MOSCOW PROVINCE

I.A. Engalycheva*, E.G. Kozar, A.S. Domblides, A.A. Antoshkin
Federal Scientific Vegetable Center, Moscow Province, Russia, *engirina1980@mail.ru

Представители рода *Potyvirus* являются одной из наиболее серьезных угроз для культур семейства Fabaceae в условиях умеренно-континентального климата Нечерноземной зоны РФ. Повсеместно распространенный вирус обыкновенной мозаики фасоли – БОМФ (*Bean common mosaic virus* – BCMV) зачастую приводит к серьезным потерям урожая фасоли овощной (*Phaseolus vulgaris* L.) во многих регионах мира. Сообщается, что в Мексике, США, Австралии потери урожая от вируса составляют 30–80% со снижением зеленой массы на 10–60%, а на проявление симптоматики сильно влияют климатические условия. Все штаммы BCMV передаются векторно тлями неперсистентным способом. Вирус имеет очень ограниченный круг растений-хозяев; по горизонтали распространение его возможно механическим путем, а по вертикали – семенами. BCMV в природе существует как комплекс штаммов, которые классифицируют на восемь патогрупп (PG): PG-1...PG-8. Устойчивость фасоли овощной к BCMV контролируют семь генов устойчивости – один штамм-неспецифический основной доминантный ген *I* и шесть штамм-специфических рецессивных генов *bc-u*, *bc-1*, *bc-1*², *bc-2*, *bc-2*² и *bc-3* из четырех независимых локусов.

Цель исследований: изучение биологических особенностей московского изолята вируса обыкновенной мозаики фасоли и поиск источников устойчивости к BCMV для включения в селекционный процесс по созданию новых отечественных сортов фасоли спаржевого типа.

Условия проведения исследований: мониторинг развития вируса обыкновенной мозаики фасоли на посевах фасоли овощной в агроценозе Московской области проводили в 2015–2022 годах на базе ФГБНУ «ФНЦО». Работу по идентификации, изучению свойств выделенного изолята BCMV, молекулярной диагностике генов устойчивости проводили на базе лабораторий иммунитета и защиты растений, селекции и семеноводства бобовых культур, генетики и цитологии ФГБНУ «ФНЦО».

Материал исследования – более 200 коллекционных и селекционных образцов различного географического и генетического происхождения фасоли овощной. Наличие антигенов вируса в листьях растений определяли методом иммуноферментного анализа по сэндвич-варианту с последующей детекцией результатов на спектрофотометре при длине волны 480 нм. Биотестирование проводилось путем искусственного заражения видов семейства Fabaceae (горох, фасоль). Для изучения развития BCMV и поиска источников устойчивости, образцы фасоли овощной высевали в поле на естественном инфекционном фоне по схеме рендомизированных блоков. Ранжирование по группам устойчивости – на основе показателя степени развития болезни с учетом стабильности проявления признака в разные годы. ДНК-маркирование основных генов устойчивости: доминантного гена *I*, рецессивных генов *bc-1*² и *bc-3* проводили с помощью соответствующих маркеров *SW13*, *SBD5* и *ROC11* согласно разработанным протоколам.

В данной работе приведены многолетние данные динамики и особенности развития и распространения вируса обыкновенной мозаики фасоли с 2015 по 2022 годы. Эпифитотийное развитие BCMV в условиях Московской области наблюдалось с 2015 года с симптомами темно-зеленой мозаики, сильной деформации листьев, пятнистости и кустистости. В некоторые годы отмечались некротические локальные поражения с последующим системным некрозом. Морфометрия, проведенная при электронно-микроскопическом исследовании, показала наличие нитевидных вирионов размером 670–800 нм × 12-15 нм. Изучены биологические особенности BCMV, проявляющиеся в усилении симптоматики после искусственной инокуляции фасоли и гороха в контролируемых условиях при температуре 26–29°C.

В наших исследованиях отмечено, что основными причинами в развитии эпифитотии изучаемого вируса служат не только способы распространения инфекции и возможности ее реализации, но и экологические факторы, которые определяют взаимоотношения вируса и хозяина, в результате чего степень проявления болезни варьировали по годам. Максимальное число пораженных образцов отмечено в 2015, 2016 и 2019 годах, их доля составила 90%, 50% и 50% соответственно от общего числа. Распространенность болезни в эти годы превысила порог вредоносности, то есть в среднем составила более 30% растений с симптомами поражения на всей площади посевов, при этом более высокий средний индекс поражения (2,7 балла) был зарегистрирован в условиях 2019 года. В 2017 и 2018 годах отмечали резкое снижение развития болезни, распространенность не превысила 10%. В 2021 и 2022 годах число средне- и сильнопораженных образцов составило 22% и 23% соответственно, напряженность инфекционного фона в эти годы была сопоставима – индекс поражения в среднем составил 2,8 и 2,5 балла соответственно.

Условия вегетационного периода влияли на стабильность проявления признака устойчивости у изучаемых образцов. В результате было выделено три основные группы: с отсутствием симптомов во все годы исследований – девять коллекционных образцов (7% от числа изученных); стабильно поражались BCMV – пять (4%); у остальных 89% этот признак по годам варьировал, у них в зависимости от генотипа отмечали сдвиг в ту или иную сторону.

Скрининг 30 образцов с различным уровнем устойчивости показал, что рецессивные гены *bc-1²* и *bc-3* присутствуют у большинства из них, а доминантный ген *I* – только у половины. Наибольшее число образцов имели генотипы *I/bc-1²/bc-3* (33%) и *-/bc-1²/bc-3* (47%), из которых стабильно высокую устойчивость к вирусу проявили только 1/3 образцов. Высокий уровень устойчивости к вирусу обеспечивало совместное сочетание доминантного гена *I* с рецессивными *bc-1²* и *bc-3*. В наших исследованиях показано, что рецессивная устойчивость без доминантного гена также может обеспечивать устойчивость. Вирус проникает в клетку, вызывая симптомы мозаичности, но системное распространение его не происходит. Анализ соответствия по критерию χ^2 выявил более значимое влияние гена *bc-1²* на уровень полевой устойчивости образцов фасоли обыкновенной к BCMV в условиях Московской области.

Таким образом, выделение генетически разнообразного исходного материала для включения в селекционный процесс создания новых устойчивых сортов фасоли овощной позволит решить основную задачу отечественных селекционеров – расширение ассортимента овощной продукции в рамках государственной политики импортозамещения и обеспечения продовольственной безопасности страны. С этой точки зрения, практическую значимость для селекции на устойчивость к BCMV представляют устойчивые образцы Cade 128, СП-232, Верица, Кит-89, КП-84, Хавская Универсальная, Восточка, Рант.

Таким образом, с целью поиска источников устойчивости к BCMV, оценку сортов на естественном инфекционном фоне следует проводить не менее трех-четырех лет, что позволяет более объективно дифференцировать образцы, а также изучить

взаимоотношения в патосистеме «вирус – растение-хозяин» с точки зрения их адаптации к тем или иным условиям вегетации. Практический интерес для селекции представляют выделенные образцы фасоли овощной со стабильным проявлением признака устойчивости к BCMV.

ИЗУЧЕНИЕ МОЛЕКУЛЯРНО-ГЕНЕТИЧЕСКИХ ОСНОВ БОБОВО-РИЗОБИАЛЬНОГО СИМБИОЗА С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ МАТЕРИАЛА ИЗ КОЛЛЕКЦИИ ГОРОХА ВИР

В.А. Жуков^{1, 2, 3*}, А.С. Сулима¹, А.И. Жернаков¹, И.А. Тихонович^{1, 2, 3}

¹ Всероссийский научно-исследовательский институт сельскохозяйственной микробиологии, Санкт-Петербург, Россия, *vzhukov@arriam.ru; vladimir.zhukoff@gmail.com

² Санкт-Петербургский государственный университет, Санкт-Петербург, Россия

³ Научно-технологический университет «Сириус», Краснодарский край, Россия

A STUDY OF MOLECULAR GENETIC FOUNDATIONS OF LEGUME–RHIZOBIAL SYMBIOSIS USING MATERIAL FROM VIR'S PEA COLLECTION

V.A. Zhukov^{1, 2, 3}, A.S. Sulima¹, A.I. Zhernakov¹, I.A. Tikhonovich^{1, 2, 3}

¹ All-Russia Research Institute for Agricultural Microbiology, St. Petersburg, Russia, vzhukov@arriam.ru; vladimir.zhukoff@gmail.com

² Saint-Petersburg State University, St. Petersburg, Russia

³ Sirius University of Science and Technology, Krasnodar Territory, Russia

Горох посевной (*Pisum sativum* L.) – важная сельскохозяйственная культура и модельный объект для изучения азотфиксирующего симбиоза бобовых растений с клубеньковыми бактериями (ризобиями). Коллекция гороха ВИР (Санкт-Петербург, Россия) является источником ценных аллелей генов, определяющих особенности формирования и функционирования бобово-ризобиального симбиоза, в том числе симбиотической отзывчивости. Один из ключевых генов этого симбиоза – *LykX* (*Sym2*) – кодирует рецепторную киназу, распознающую структуру сигнальных молекул бактерий (Nod-факторов).

В результате анализа фенотипа клубенькообразования 124 образцов гороха из Средней Азии было выявлено новое аллельное состояние симбиотического гена *LykX*, определяющее повышенную избирательность растений гороха к штаммам клубеньковых бактерий. Также в ходе анализа ассоциаций на выборке из 99 образцов гороха из различных частей света показано, что один из аллельных вариантов гена *LykX* ассоциирован с увеличенной массой семян растений при выращивании их в условиях инокуляции симбиотическими микроорганизмами.

В дальнейшей работе планируется осуществить генетическое редактирование последовательности *LykX* у современных сортов гороха с целью придания им признака повышенной избирательности. Поскольку такие сорта будут преимущественно взаимодействовать с высокоэффективными штаммами ризобий, вносимыми в составе биологических препаратов, а не с аборигенной микрофлорой, данная модификация будет способствовать повышению урожайности этих сортов.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ГЕНЕТИЧЕСКИХ РЕСУРСОВ ДЛЯ СЕЛЕКЦИИ ЗЕРНОБОБОВЫХ КУЛЬТУР В ОМСКОМ ГАУ

Н.Г. Казыдуб*, С.П. Кузьмина, О.А. Коцюбинская

Омский государственный аграрный университет имени П.А. Столыпина, Омск, Россия,
*ng-kazydub@yandex.ru

RESULTS OF THE USE OF GENETIC RESOURCES FOR GRAIN LEGUME BREEDING AT OMSK STATE AGRARIAN UNIVERSITY

N.G. Kazydub*, S.P. Kuzmina, O.A. Kotsyubinskaya

Omsk State Agrarian University, Omsk, Russia, *ng-kazydub@yandex.ru

Для сельскохозяйственного производства как в экстремальных погодных условиях, так и в благоприятных, предпочтительнее сорта с высокой потенциальной продуктивностью, экологической устойчивостью и отличным качеством продукции. До недавнего времени в Западной Сибири посевы таких культур, как фасоль, горох и бобы овощные, нут, практически не имели производственного значения и носили чисто опытнический характер, возделывались на небольших площадях, в основном как садово-огородная культура.

Здоровый образ жизни и сбалансированное питание – вызов нашего времени. Важным приоритетом для формирования здорового рациона питания является диверсификация продуктов, получаемых из зернобобовых культур, расширение ассортимента этих продуктов. По мнению аналитиков, будет продолжаться процесс интенсивной биологизации земледелия и растениеводства за счет снижения техногенной нагрузки на биосферу благодаря использованию минимальной обработки почвы и уменьшению применения средств химизации. В связи с чем требуется увеличение посевных площадей под зернобобовыми, расширение их ассортимента и внедрение в производство новых, нетрадиционных для региона культур. Расширение ареала и ассортимента возделывания этих культур в Сибири может произойти только при выведении и распространении новых хорошо адаптированных сортов. Для зернобобовых актуально создание сортов с повышенным содержанием белка, цинка, железа, фолиевой кислоты и т. п.

Сортоизучение имеющегося и создание нового исходного материала зернобобовых культур проводится в Учебно-опытном хозяйстве лаборатории селекции и семеноводства полевых культур Омского ГАУ на опытном участке селекционного севооборота с соблюдением агротехники, общепринятой для возделывания бобовых культур. Материалом для исследования являются сорта, образцы, гибриды и линии коллекций зернобобовых культур: фасоли зернового и овощного использования, гороха и бобов овощных, нута и люпина. Предшественник – яровая пшеница. Почва лугово-черноземная. Изучение коллекционного материала проводили по методике, разработанной в ВИР и «Методике государственного сортоиспытания сельскохозяйственных растений» (1989).

Селекция зернобобовых культур в Омском ГАУ началась с 1998 г., когда были получены первые образцы фасоли обыкновенной из коллекции ВИР – неизменного и богатейшего источника исходного материала для создания отечественных сортов зернобобовых культур. В 2021 году коллекция фасоли насчитывала более 200 образцов из различных стран мира. Основной упор при создании новых сортов фасоли зернового и овощного направления сделан на продуктивность, засухоустойчивость и устойчивость к болезням и вредителям, пригодность к механизированному возделыванию, повышенную интенсивность азотфиксации, а также на качество зеленых бобов, высокое содержание микро- и макроэлементов и белка в семенах. В результате многолетней научно-исследовательской работы учеными разработана модель сорта фасоли для зернового

и овощного использования в условиях южной лесостепи Западной Сибири с учетом лимитирующих факторов: температуры и влаги, особенности их распределения по фазам развития растений. За это время созданы сорта фасоли: зерновой – ‘Лузерья’, ‘Оливковая’, ‘Омская юбилейная’, ‘Омичка’, ‘Зебра’, ‘Физкультурница’; овощной – ‘Памяти Рыжковой’, ‘Золото Сибири’, ‘Маруся’, ‘Сибирячка’, которые успешно возделываются в частном секторе и КФХ региона. Результаты их возделывания демонстрируют, что сорта фасоли селекции Омского ГАУ по урожайности и качеству зерна и бобов не уступают зарубежным и пригодны для выращивания по органической технологии.

В 2004 году началось изучение коллекции бобов овощных. Сегодня в коллекции бобов изучается более 30 образцов из России, Германии, Польши и других стран. Селекционный материал проходит всестороннее испытание и отбор в условиях Омской области. Проводится сравнительная оценка коллекционных образцов культуры по продолжительности созревания, урожайности и ее элементам, качеству семян, биологическим особенностям, симбиотической активности, устойчивости к болезням и вредителям, пригодности к механизированному возделыванию.

В 2008 году приступили к работе по изучению коллекции гороха овощного и созданию исходного материала для селекции в условиях Омской области. В коллекции имеются образцы из ВНИИССОК, Польши, Германии, Китая. Материал оценивается по продолжительности межфазных и вегетационного периодов, урожайности и ее элементам, устойчивости к болезням и вредителям, пригодности к механизированному возделыванию, симбиотической активности, качеству семян и зеленых бобов, пригодности к консервированию и заморозке. Выделенные источники ценных признаков включены в гибридизацию.

В 2011 году началось изучение коллекции нута, который в Омской области не имеет широкого распространения, несмотря на свои достоинства. В первую очередь усилия селекционеров направлены на отбор растений по скороспелости, дружности созревания, урожайности, устойчивости к болезням и вредителям, пригодности к механизированному возделыванию, содержанию белка, микро- и макроэлементов в семенах. В коллекции изучаются более 70 образцов и линий нута из ВИР, СибНИИ кормов. Учеными создан оригинальный гибридный материал нута с комплексом ценных признаков, находящийся на разных этапах селекции. В 2020 году на государственные сортоиспытания передан первый сорт нута для пищевых целей – ‘Омский первый’.

В 2016 году коллекция зернобобовых Омского ГАУ пополнилась люпином. Коллекция люпина состоит из 60 образцов, принадлежащих к 8 видам: узколистый, желтый, белый, изменчивый, песчано-равнинный, волосистый, двуцветный и карликовый. Коллекционные образцы изучаются по урожайности, продолжительности созревания, биологическим особенностям, устойчивости к болезням и вредителям.

Представленные результаты подтверждают, что коллекции генетических ресурсов зернобобовых культур ВИР – важная основа при присоздании исходного материала для Сибирского региона. Внедрение в производства адаптированных созданных новых сортов должно создать предпосылки по повышению производства импортозамещаемой сельскохозяйственной продукции зернобобовых культур.

ИЗУЧЕНИЕ УСТОЙЧИВОСТИ ГОРОХА ОВОЩНОГО (*PISUM SATIVUM* L.) К ПОЛЕГАНИЮ

И.М. Кайгородова*, Н.А. Голубкина, В.А. Ушаков
Федеральный научный центр овощеводства, Московская область, Россия,
kaigorodova-i@mail.ru

A STUDY OF LODGING RESISTANCE IN GARDEN PEA (*PISUM SATIVUM* L.)

I.M. Kaigorodova, N.A. Golubkina, V.A. Ushakov
Federal Scientific Vegetable Center, Moscow region, Russia, kaigorodova-i@mail.ru

Устойчивость к полеганию зависит от факторов внешней среды и морфологических особенностей растения, в том числе и от анатомического строения стебля. В наших исследованиях показана принципиальная разница строения стебля у разных сортов на поперечном срезе. У устойчивого к полеганию сорта 'Триумф', в отличие от полегающего сорта 'Виола', прочность стебля обеспечивается количеством и типом расположения проводящих пучков, отсутствием центральной полости и наличием пучков с крупными склеренхимными обкладками с высоким содержанием лигнина. Изучена роль кремния в повышении устойчивости растений к полеганию. Фолиарные обработки кремнийсодержащими препаратами (коллоидный раствор наночастиц кремния и микроудобрения на основе кремния – Силиплант) оказывали сортоспецифичное влияние на прочность стебля гороха овощного (площадь внутренней полости, размеры ксилемы и размер склеренхимной обкладки проводящих пучков). На развитие растений культуры гороха овощного и продуктивность зеленого горошка было установлено положительное действие кремния.

Полегание гороха овощного является одной из основных проблем снижения урожайности и качества зеленого горошка и получаемых семян. Повышение устойчивости сортов гороха к полеганию достигается в процессе селекции в основном за счет отбора более короткостебельных форм (с укороченными междоузлиями, небольшим числом продуктивных узлов, форм с детерминантным типом роста стебля) и форм с усатым типом листа. Сорта гороха усатого типа характеризуются более высокими коэффициентами устойчивости к полеганию от 0,69 до 0,79, тогда как у листочковых сортов они варьируют в пределах 0,29–0,44. Устойчивостью к полеганию обладают формы гороха, имеющие высокую прочность стебля. Для отбора таких форм рекомендован признак «линейная плотность стебля» (ЛПС), который отражает степень развития механических и проводящих тканей, а также количество запасных веществ. Показано, что прочность стебля обеспечивается комплексом анатомических признаков: числом и взаимным расположением проводящих пучков, топографическим положением в стебле механических тканей и их параметрами. По мнению С.В. Лазаревича, устойчивости к полеганию способствует ритмическое чередование крупных и малых пучков и наличие у крупных пучков склеренхимных обкладок. Важен не только широкий слой склеренхимной ткани, но и большое содержание в нем лигнина и целлюлозы. Лигнин – важный структурный компонент вторичной клеточной стенки, который связан и с ростом растения, и с прочностью стебля. У пшеницы наблюдалась значительная корреляционная связь между устойчивостью к полеганию и содержанием лигнина в стебле. Поэтому сорта с высоким содержанием лигнина используются в качестве источников для создания неполегающих сортов. Еще одним важным структурным компонентом, обеспечивающим прочность стебля у пшеницы, является кремний. Биологически активный кремний укрепляет эпидермис, кору и сосудисто-проводящие ткани, тем самым существенно повышая пластичность, упругость, прочность стебля, листьев и защитные функции

растений. Это происходит за счет того, что кремний значительно увеличивает содержание целлюлозы и лигнина в клетках склеренхимы. Селекция на устойчивость к полеганию злаковых культур с привлечением современных биотехнологических и молекулярных методов, ведется во многих странах мира, что привело к значительным успехам в данном направлении. Для культуры гороха овощного этот вопрос до сих пор является открытым и поэтому особенно актуален, так как стебель гороха травянистый и легко полегает.

Изучение поперечных срезов проводили методом световой микроскопии окрашенных препаратов раствором флороглюцина с фиксацией раствором глицерина. Анализ и фоторегистрацию полученных препаратов проводили на микроскопе Carl Zeiss с фотоокуляром DMC300, измерения – с помощью программы Scope Photo.

Выявлено, что устойчивый к полеганию сорт 'Триумф', имеет механически прочный стебель. На уровне четвертого и пятого узла он имеет более округлый поперечный срез, четко выраженные коллатеральные проводящие пучки в количестве 16 штук, имеющие сильную склеренхимную обкладку с содержанием лигнина, наибольший размер ксилемы и заполненную паренхимой сердцевину, т. е. внутренняя полость отсутствует. У полегающего сорта 'Виола' на этом же уровне стебля отмечено только 14 развитых проводящих пучков, которые были хоть и сопоставимы по размеру с сортом 'Триумф', но имели очень слабовыраженную склеренхимную обкладку. Также уже наблюдалось образование внутренней полости, наличие которой могло приводить к механическим повреждениям и полеганию. В результате, ввиду нарушения процессов поступления питательных веществ по сосудистой системе растения, внутренняя полость все больше увеличивалась в размерах, что было отмечено и другими исследователями на пшенице.

Для повышения прочности стебля двух полегающих сортов гороха овощного были испытаны кремнийсодержащие препараты в различной форме: Нано-Si – коллоидный раствор наночастиц кремния (14 мг л^{-1}); Силиплант Универсальный (производитель – АНО «НЭСТ М», РФ) – кремнийсодержащее удобрение (калий – 1%, кремний – 7,5–7,8%) с набором микроэлементов в хелатной форме (Fe, Mg, Mn, Cu, Co, Zn) и B (1,0 л/га). Исследования показали сортоспецифичность влияния кремния на прочность стебля гороха овощного. Изучая поперечные срезы стебля у сорта 'Викинг' после применения обработок, были зафиксированы следующие изменения в строении стебля. Так, при обработках, внутренняя полость у данного сорта была заполнена паренхимными клетками, тогда как в контрольном варианте (обработка водой) она была поллой. Площадь ксилемы обработанных растений превышала контроль на 20%, а размер камбия – на 16%. Средняя величина склеренхимной обкладки коллатерального пучка была на 11% больше контроля. У сорта 'Барин', наоборот, при обработке растений Si отмечены отрицательные эффекты. Оба препарата уменьшали размер склеренхимной обкладки коллатерального пучка (на 8–16%) и общую площадь ксилемы (на 21–24%). При этом обработка силиплантом также приводила к появлению внутренней полости, которая отсутствовала у сорта 'Барин' в контроле. Несмотря на отмеченные эффекты, коэффициент полегания растений в контроле и в опытных вариантах был сравним, и у сорта 'Барин' он составил 0,31–0,33, а у сорта 'Викинг' – 0,46–0,49 соответственно. В тоже время, обработки положительно сказались на продуктивности растений обоих сортов за счет более интенсивного их развития. Средняя масса растения в опытных вариантах на 18–40% превышала контроль, а число бобов с растения – на 17–41% в зависимости от сорта и препаративной формы Si. В результате продуктивность зеленого горшка при обработке нанокремнием на 33% ('Барин') и 74% ('Викинг') была выше относительно контроля, а при обработке силиплантом – на 18% ('Барин') и 26% ('Викинг').

**СРАВНИТЕЛЬНЫЙ ТРАНСКРИПТОМНЫЙ АНАЛИЗ ОБРАЗЦОВ *VIGNA*
UNGUICULATA (L.) WALP., ОТЛИЧАЮЩИХСЯ ТИПОМ РОСТА
СТЕБЛЯ В КОНТРОЛИРУЕМЫХ УСЛОВИЯХ**

Е.А. Крылова*, Е.К. Хлесткина

Федеральный исследовательский центр Всероссийский институт генетических ресурсов
растений имени Н.И. Вавилова, Санкт-Петербург, Россия, *e.krylova@vir.nw.ru

**COMPARATIVE TRANSCRIPTOME ANALYSIS OF *VIGNA*
UNGUICULATA (L.) WALP. ACCESSIONS WITH DIFFERENT STEM GROWTH
TYPES UNDER CONTROLLED CONDITIONS**

Е.А. Krylova*, Е.К. Khlestkina

N.I. Vavilov All-Russian Institute of Plant Genetic Resources, St. Petersburg, Russia,
*e.krylova@vir.nw.ru

В настоящее время секвенирование РНК является одним из наиболее эффективных подходов анализа экспрессии генов различных культур с целью поиска генов, имеющих важное значение. Важным признаком «синдрома доместикиции» зернобобовых культур и вигны в частности является детерминантный характер роста стебля. Растения с таким типом роста приспособлены к механизированной уборке устойчивы к полеганию и характеризуются дружным созреванием бобов. Однако отмечено изменение типа роста с детерминантного на индетерминантный в регионах с избыточным увлажнением. Только один сорт 'Лянчихе', включенный в Государственный реестр селекционных достижений и созданный на Дальнем Востоке, стабильно сохраняет кустовую форму куста независимо от условий произрастания, в связи с чем имеет большие преимущества для выращивания в производственных посевах Приморья.

Целью настоящего исследования было выявление дифференциально экспрессирующихся генов у образцов, отличающихся по признаку тип роста стебля при контрастных значениях влажности воздуха. В качестве модели для сравнительных транскриптомных исследований были выбраны 4 образца вигны (к-6, к-1783, к-642, а также и-632341 – сорт 'Лянчихе') из коллекции ВИР. Растения выращивали в контролируемых искусственных условиях в двух климатических камерах (ООО «Волтех», Волгоград) при 12-часовом световом дне при температуре 25°C. В первом опыте при влажности воздуха равной 60%, во втором при – 90%. Показатели влажности воздуха были приближены к параметрам в условиях естественного выращивания вигны в Прикаспийской низменности и Приморском крае. Выделение суммарной РНК проводили с использованием набора RNeasy Plant Mini Kit (QIAGEN). РНК выделяли из первого настоящего листа в трех биологических повторностях для каждого эксперимента. С использованием набора реактивов TruSeq mRNA Stranded (Illumina) в соответствии со стандартной методикой производителя в образцах тотальной РНК было проведено обогащение по поли(А⁺) фракции, а затем – синтез кДНК с рассеянной затравки с использованием Superscript II Reverse Transcriptase. Были созданы библиотеки кДНК и проведен их анализ при помощи системы высокопроизводительного полногеномного секвенирования Illumina NovaSeq 6000 SP. Оценка качества «сырых» прочтений была выполнена при помощи программы FASTQC v. 0.11.9. Удаление адаптерных последовательностей проводили с использованием программы Trimmomatic v0.36. Фильтрованные прочтения были затем картированы на сборку генома *Vigna unguiculata* версии 1.1, взятую с сервера Phytozome v13 (<https://phytozome-next.jgi.doe.gov/>). Для картирования на референсный геном была использована программа Hisat2. Пакет DESeq2 в среде R использовался для оценки уровня дифференциальной экспрессии генов. Гены с порогом FDR < 0,05 и логарифмом изменения экспрессии (logFC) > 1 или < -1 были

признаны дифференциально экспрессирующимися. Аннотация ДЭГ вигны была выполнена в терминах онтологии генов. Анализ обогащения терминов генной онтологии был проведен при помощи пакета GSEABase. Термины генной онтологии считались значимо обогащенными при пороге $\text{adjusted } p\text{-value} < 0.05$.

В результате было получено более 1,1 млрд прочтений, из них более 65% были картированы на референсный геном. Анализ методом главных компонент показал наличие кластеризации реплик в рамках группы сравнения образцов в контрастных условиях по влажности воздуха. Анализ основан на экспрессии 3427 генов со статистически значимой экспрессией ($\text{FDR} < 0,05$). Сравнительный ГК-анализ экспрессии генов демонстрирует высокий уровень статистически значимых различий между исследованными вариантами с долей объясненной дисперсии 61%. Далее образцы анализировались в рамках 4 групп сравнения по 3 биологические повторности в каждой. Поиск ДЭГ осуществлялся в рамках сравнений групп одного образца, но в контрастных по влажности воздуха условиях. Всего для образца к-6 было проанализировано 1699 генов со статистически значимой экспрессией, для образца к-642 – 2603 генов, для к-1783 – 1803 генов, для и-632341 ('Лянчихе') – 1927 генов соответственно. При этом необходимо отметить, что уникальных генов, экспрессия которых значимо изменилась в условиях повышенной влажности только у растений сорта 'Лянчихе', было 616 генов, среди них экспрессия 210 генов увеличилась и 406 генов уменьшилась более чем в 2 раза ($\log\text{FC} > 1$). В условиях повышенной влажности значимо снижалась экспрессия генов, связанных с процессами фосфорилирования белков, метаболизма полисахаридов, контролирующих процессы формирования клеточной стенки, а также кодирующих ферменты, обладающие киназной активностью. При этом наблюдалась активация генов, ответственных за световые реакции фотосинтеза, участвующих в процессах биосинтеза и метаболизма веществ вторичного происхождения, в частности терпенов, кодирующих ферменты с оксидоредуктазной активностью. Полученные результаты указывают на кардинальные перестройки паттерна экспрессии генов при повышенной влажности воздуха.

Полученные результаты будут важны для дальнейшего поиска и маркирования ключевых генов-кандидатов, определяющих детерминантный рост стебля вигны в условиях влажного муссонного климата, что позволит ускорить целенаправленное создание сортимента этой рентабельной культуры для расширения ее ареалов возделывания.

Исследование выполнено при финансовой поддержке проекта РНФ № 21-66-00012.

РАСТИТЕЛЬНЫЕ SWEET-ТРАНСПОРТЕРЫ В АРБУСКУЛЯРНО-МИКОРИЗНОЙ СИМБИОСИСТЕМЕ НА ВЫСОКОМ УРОВНЕ ФОСФОРА

**А.А. Крюков^{1*}, А.П. Юрков¹, А.О. Горбунова¹, Т.Р. Кудряшова^{1,2}, А.И. Ковальчук²,
М.Ф. Шишова³**

¹Всероссийский научно-исследовательский институт сельскохозяйственной микробиологии, Санкт-Петербург, Россия, *rainniar@rambler.ru

²Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого, Санкт-Петербург, Россия

³Санкт-Петербургский государственный университет, Санкт-Петербург, Россия

PLANT SWEET TRANSPORTS IN THE ARBUSCULAR MYCORRHIZAL SYMBIOSYSTEM AT A HIGH LEVEL OF PHOSPHORUS

**A.A. Kryukov^{1*}, A.P. Yurkov¹, A.O. Gorbunova¹, T.R. Kudryashova^{1,2}, A.I. Kovalchuk²,
M.F. Shishova³**

¹All-Russia Research Institute for Agricultural Microbiology, St. Petersburg, Russia, *rainniar@rambler.ru

²Peter the Great St. Petersburg Polytechnic University, St. Petersburg, Russia

³Saint Petersburg State University, St. Petersburg, Russia

Данное исследование направлено на изучение широко распространенного симбиоза – арбускулярной микоризы (АМ), за счет которого растения смогли завоевать сушу полмиллиарда лет назад. Известно, что древние растения – риниофиты вступили в симбиотические отношения с грибами, которые начали выполнять функцию корней по всасыванию веществ в новых экосистемах суши. Грибы АМ помогают растениям усваивать из почвы минеральные вещества, особенно фосфор, в то время как получают от растений продукты фотосинтеза – углеводы. В настоящее время в образовании АМ принимают участие > 90% семейств растений. Показано, что АМ существенно усиливает рост и адаптивные способности растений к стресс-факторам среды, к загрязнению. Симбиотическая эффективность АМ заключается в прибавке урожая растений до 25% в условиях среднего и > 50% в условиях низкого уровня фосфора (Рд) в почве. Это означает, что выявление генов, контролирующих симбиотическую эффективность АМ, и контроль их экспрессии может иметь практическое применение при создании высокопродуктивных растительно-микробных систем (РМС), что позволит перейти от интенсивных агротехнологий к биологическому земледелию с получением экологически безопасных продуктов. Поскольку в симбиозе АМ-гриб получает от растения продукты фотосинтеза – углеводы, изучение транспорта углеводов от растения к микосимбионту является одной из ключевых задач.

Растительные транспортеры сахаров относятся к трем ключевым семействам – SUT (SUC), MST (включая подсемейства STP, TMT, PMT, VGT, pGlcT/SGB1, ESL, INT) и SWEET (Sugars Will Eventually be Exported Transporters). Наименее изученной группой является семейство SWEET-транспортеров, которые работают энергонезависимо в обоих направлениях для транспортировки различных сахаров во всех органах и тканях растений. Именно среди SWEET-транспортеров, согласно современным представлениям, могут быть выявлены белки, специфичные для развития АМ-симбиоза. В настоящее время считается, что SWEET-транспортеры встречаются у всех живых организмов. В тоже время отмечается, что число вариантов и изоформ этих транспортеров отличается даже у близких организмов. При исследовании транспортеров оказалось, что SWEET-гены растений, несмотря на низкую гомологию, все же группируются в 4 клады, и представители каждой из клад наблюдаются почти у всех (возможно, всех) наземных растений. Считается, что представители четырех клад разделяются не только

филогенетически, но и функционально. SWEET-белки участвуют во множестве процессов. Кроме транспорта углеводов, по всей видимости, они могут участвовать в транспорте и других агентов, например, гиббереллинов, что было показано на арабидопсисе.

Для выяснения и уточнения функций, локализации и изменчивости SWEET-белков проводится ряд исследований, в том числе и нашей научной группой. Для исследований нами была селектирована быстроотзывчивая на обработку АМ-грибом и сильно микотрофная растительная линия MIS-1 люцерны хмелевидной (*Medicago lupulina*). Главное преимущество данной системы – возможность тонко реагировать на изменения питания в почве; при недостатке его растение принимает карликовую форму без инокуляции АМ-грибом и восстанавливает нормальный фенотип при микоризации.

Нами на протяжении последних трех лет проводились исследования экспрессии SWEET-генов на разных уровнях фосфора – от низкого в первый год до высокого в 2022 году.

Каждый год оценка проводится на 7-8 сроках, через 7 дней начиная с 21-го. На каждом сроке отдельно собирался материал листьев и корней и замораживался в жидком азоте с 3-кратной биологической повторностью. РНК выделялась тризольным методом с модификациями. Оценка экспрессии генов проводилась с 4-кратной технической повторностью. Результаты на среднем фосфоре показали повышенную экспрессию у микоризованных растений по сравнению с немикоризованными для *MISWEET1a* (только корни), *MISWEET1b*, *MISWEET2c* (только листья), *MISWEET3c*, *MISWEET12*, *MISWEET13* (только листья), *MISWEET15c* (только корни), *MISWEET16* (только листья), в то же время не все эти гены являются специфическими для АМ-симбиоза. Согласно результатам оценки на низком и среднем уровнях фосфора, только один ген из этого списка (*MISWEET1b*) с уверенностью можно считать хорошим маркером со специфической экспрессией для эффективного развития АМ-симбиоза *M. lupulina* с *R. irregularis*. В то же время результаты оценки экспрессии генов на высоком уровне фосфора в почве (когда растение менее нуждается в симбиозе с грибами АМ) оказались впечатляющими. Число генов, которые повышают свою экспрессию при микоризации, уменьшилось (это было прогнозируемо). Некоторые гены, такие как *MISWEET2c*, *MISWEET3c*, *MISWEET12*, *MISWEET13*, *MISWEET15c* и *MISWEET16*, показали увеличение экспрессии в микоризованных растениях только на 1-2 срока, тогда как при среднем уровне фосфора работали более чем в половине точек оценки. Ген *MISWEET1a* показал повышенную экспрессию только на последнем сроке, на начальных сроках у него была нулевая экспрессия, как в микоризном, так и безмикоризном варианте. Ген *MISWEET1b* показал повышенную экспрессию в листьях и нулевую в корнях у микоризованных растений, в то время как у безмикоризных растений *MISWEET1b* экспрессировался в корнях.

Кроме того, что ожидаемо, исследуемые гены SWEET показали на высоком фосфоре уменьшение экспрессии по сравнению со средним фосфором, данные результаты подтверждают нашу гипотезу о том, что функциональность SWEET значительно более гибкая, чем это сейчас рассматривается. Например, *MISWEET1b*, указанный как специфический для АМ-симбиоза может не работать в корнях микоризованных растений при высоком уровне доступного для питания фосфора, но при этом выполнять какие-то функции в листьях.

Работа поддержана грантами РФФИ № 19-29-05275_мк, РФФИ № 20-016-00245_а, РФФИ № 22-16-00064.

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ КОЛЛЕКЦИЙ ГЕНЕТИЧЕСКИХ РЕСУРСОВ ДЛЯ СЕЛЕКЦИИ НУТА НА ПРОДУКТИВНОСТЬ В УСЛОВИЯХ ЮЖНОЙ ЛЕСОСТЕПИ ОМСКОЙ ОБЛАСТИ

С.П. Кузьмина*, Н.Г. Казыдуб, В.С. Красюков

Омский государственный аграрный университет имени П.А. Столыпина, Омск, Россия,

*sp.kuzmina@omgau.org

THE USE OF GENETIC RESOURCES COLLECTIONS FOR BREEDING CHICKPEAS FOR PRODUCTIVITY UNDER THE CONDITIONS OF THE SOUTHERN FOREST-STEPPE OF OMSK PROVINCE

S.P. Kuzmina*, N.G. Kazydub, V.S. Krasnyukov

Omsk State Agrarian University, Omsk, Russia, sp.kuzmina@omgau.org

Нут – зернобобовая культура, обладающая высокой засухо- и холодоустойчивостью, технологичностью при уборке, высокой питательностью и многообразным использованием на пищевые цели. Интерес сельскохозяйственных предприятий к нуту в Западно-Сибирском регионе растет с каждым годом. Однако районированные сорта нута в условиях Омской области не отвечают требованиям современного сельского хозяйства по продолжительности созревания и продуктивности. Исходным материалом для создания новых сортов может являться коллекция образцов нута из различных эколого-климатических зон.

Изучение генетических закономерностей изменчивости количественных признаков доказывает возможность отбора гибридов с новым, более благоприятным их сочетанием, представляющих практический интерес для селекции. Основная цель наших исследований заключалась в определении коэффициентов наследуемости по массе семян и числу бобов с растения в гибридных комбинациях нута, что позволяет установить потенциальные возможности родительских сортов в передаче ценных генов, отвечающих за продуктивность растений потомству и расширение спектра генетического разнообразия растений.

Экспериментальная часть работы выполнялась в учебно-опытном хозяйстве Омского ГАУ совместно с ЦКП «Селекция и семеноводство полевых культур» в южной лесостепи Омской области (2016–2018 гг.). Объектом исследований служили коллекционные образцы, полученные из Федерального исследовательского центра Всероссийского института генетических ресурсов растений имени Н.И. Вавилова (ВИР, г. Санкт-Петербург) с комплексом ценных признаков: ILC-2394 (Турция), ILC-2402 (Болгария), С-27 (Узбекистан), С-35 (Краснодар), С-82 (Узбекистан), С-80 (Азербайджан) и 8 гибридных популяций второго поколения, полученные с их участием. Учеты и наблюдения проводили согласно методическим указаниям по изучению коллекции зерновых бобовых культур. Статистическая обработка проведена по методике, изложенной в пособии Б.А. Доспехова. Коэффициенты наследуемости в широком смысле определяли по формуле I. Mahmud и H. Kramer: $H^2 = \frac{\sigma^2 F_2 - \sqrt{\sigma^2 P_1 + \sigma^2 P_2}}{\sigma^2 F_2} * 100\%$

где $\sigma^2 F_2$ – дисперсия F_2 , $\sigma^2 P_1, \sigma^2 P_2$ – дисперсии родительских форм.

Большое значение в селекции нута на урожайность имеет число бобов с растения. За время наших исследований их количество варьировало от 22,4 до 102,2 шт. и существенно изменялось в зависимости от погодных условий. 2016 г. оказался наиболее благоприятным для роста и развития растений нута. Засушливость второй половины вегетации способствовала более дружному и быстрому созреванию растений и высокой продуктивности. Число бобов на растении у гибридов изменялось от 72 до 102,2 шт., у материнских форм – от 48,6 до 87,2 шт., у тестеров – от 93,3 до 105,7 шт. Максимальное

число бобов имели гибридные популяции с участием тестера С-35 × ILC-2394 (102 шт.) и С-27 × ILC-2394 (98 шт.).

2017 г. характеризовался избыточным увлажнением почвы и воздуха в июле и сентябре, что отрицательно сказалось на формировании продуктивности культуры. Число бобов у гибридов нута снизилось на 39,1 шт. и составило в среднем 52,8 шт. (от 46,6 до 68,2 шт.), у материнских форм снизилось на 3,8 шт. (в среднем составило 59,8 шт.), у тестеров – на 59,2 шт. (в среднем – 40,3 шт.). Наибольшее число бобов на растении отмечалось в гибридных комбинациях: С-80 × ILC-2394 (68,2 шт.) и С-27 × ILC-2394 (57,1 шт.).

2018 г. был крайне неблагоприятными для растений нута. Так, ливневые дожди на фоне пониженных температур воздуха в конце июля-августе привели к затяжному цветению, поражению растений фузариозом и значительному снижению урожайности и ее элементов. По сравнению с наиболее благоприятным 2016 г. число бобов у гибридов нута снизилось на 60,6 шт. и составило в среднем 31,3 шт., у материнских форм снизилось на 33,6 шт., у тестеров – на 67,4 шт. Наибольшее число бобов в стрессовых условиях имели гибридные комбинации С-27 × ILC-2394 (38,3 шт.), С-35 × ILC-2394 (38,6 шт.).

Коэффициент наследуемости числа бобов на растении в разных гибридных популяциях нута варьировал от 38,6 до 65,1% и в среднем составил 54,0%, что свидетельствует о возможности селекционного улучшения этого признака путем прямого отбора ценных генотипов по фенотипу уже в ранних поколениях гибридов.

Большая часть фенотипической изменчивости признака обусловлена генетическими факторами и свидетельствует о высоком генетическом разнообразии в изученных популяциях нута. Таким образом, отбор по данному признаку будет высокoeffективен.

Наследуемость изученного признака незначительно изменялась в зависимости от условий выращивания: в благоприятных условиях выращивания она в среднем составила 56,8%, в экстремальных – 51,5%, что подтверждает генетическую обусловленность данного признака. Успешный отбор по данному признаку возможен независимо от условий произрастания.

Практический интерес для селекции качества перспективного генетического материала на увеличение числа бобов на растении имеют гибридные комбинации нута: С-27 × ILC-2394 (в среднем $H^2 = 60,4\%$), С-27 × ILC-2402 ($H^2 = 59,3\%$). Эти популяции характеризуются повышенным генетическим разнообразием, что позволяет надеяться на проведение успешного отбора растений нута высоким числом бобов начиная со следующего поколения (F3).

Таким образом, число бобов на растении у нута в условиях Омской области характеризовалось высокой наследуемостью (в среднем $H^2 = 54,0\%$), что свидетельствует о высоком генетическом разнообразии в изученных гибридных популяциях нута. Отбор по числу бобов на растении высокoeffективен уже в ранних поколениях гибридов. Величина коэффициента наследуемости числа бобов незначительно модифицируется в зависимости от условий выращивания (51,5–56,8%), что подтверждает генетическую обусловленность данного признака. Успешный отбор по данному признаку возможен независимо от условий произрастания. Наиболее перспективными в практическом и селекционном плане следует считать гибридные комбинации нута: С-27 × ILC-2394, С-27 × ILC-2402.

ПЕРСПЕКТИВЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ АВТОМАТИЗИРОВАННЫХ ГИДРОПОННЫХ СИСТЕМ ПРИ ВЫРАЩИВАНИИ МИКРОЗЕЛЕНИ БОБОВЫХ КУЛЬТУР

С.И. Лоскутов^{1*}, Я.В. Пухальский¹, А.И. Савельев²

¹ Санкт-Петербургский Федеральный исследовательский центр Российской академии наук, Институт озероведения Российской академии наук – обособленное структурное подразделение СПб ФИЦ РАН, Санкт-Петербург, Россия, *lislosk@mail.ru

² Санкт-Петербургский Федеральный исследовательский центр Российской академии наук, Санкт-Петербургский институт информатики и автоматизации Российской академии наук, Санкт-Петербург, Россия

PROSPECTS FOR THE USE OF AUTOMATED HYDROPONIC SYSTEMS IN GROWING LEGUME MICROGREENS

S.I. Loskutov^{1*}, Y.V. Puhalsky¹, A.I. Saveliev²

¹ St. Petersburg Federal Research Center of the Russian Academy of Sciences, Institute of Limnology of the Russian Academy of Sciences, St. Petersburg, Russia, *lislosk@mail.ru

² St. Petersburg Federal Research Center of the Russian Academy of Sciences, St. Petersburg Institute for Informatics and Automation of the Russian Academy of Sciences, St. Petersburg, Russia

В результате продолжительной миграции народонаселения в большие города, в настоящее время остро стоит вопрос об обеспечении продовольственной безопасности мегаполисов. Согласно статистике, все большее количество потребителей развитых стран переходят на так называемое «здоровое питание», где несомненным трендом является потребление органической продукции. В мире крупнейшими ее производителями являются страны Азии, Африки и Латинской Америки, в частности Индия, Уругвай и Мексика. Не отстают также Китай, Австралия и США. В России рынок данной продукции пока еще находится на стадии формирования. Закон о сертификации экологически чистой продукции в стране ступил в силу лишь с 1 января 2020 года. Кроме того, из-за ограниченного числа плодородных земель, отведенных под ведение органического сельского хозяйства, и логистических издержек, связанных с доставкой из других субъектов страны, возможность приобретения такой продукции доступна лишь жителям со средним и высоким уровнем дохода. Однако поскольку стремление людей получать здоровое питание является естественным желанием, у многих из них имеются личные подсобные хозяйства (ЛПХ), расположенные в черте городских агломераций. ЛПХ занимают важное место в экономике РФ. По данным Росстата на 2017 год, они дают до 40% всего объема сельхозпродукции. Большой популярностью стали пользоваться гидропонная и аэропонная технологии выращивания рассады на вертикальных многоярусных фитоустановках – ситифермах. По сведениям агентства стратегических инициатив, ситифермерство уже вошло в список атласа профессий будущего. По заверениям агентства ТАСС в России к 2030 году должна появиться такая специальность как оператор ситифермы. С одной стороны, эта технология позволяет более рационально осваивать ограниченные по площади свободные земельные угодья, путем сокращения их длины и ширины, за счет расположения грядок в несколько ярусов друг над другом. С другой стороны, наличие альтернативной возможности культивирования растений при отсутствии лимитирующего фактора почвы, позволяет круглогодично получать урожай более высокого качества и экологичности, поскольку использование синтетических удобрений и химических средств защиты растений заменено здесь в пользу бактериальных биофунгицидов и органических биостимуляторов. Помимо экономического аспекта, сопряженного со снижением логистических затрат по доставке

продукции конечному потребителю, наличие автоматизированных ситиферм играет чисто символическую роль, обозначающую уровень технического превосходства предприятий. Создание автоматизированного конвейерного цикла получения продуктов питания в замкнутой системе неизбежно связано с досветкой, либо переходом на полную или комбинированную светокультуру, поскольку даже в естественных природных условиях открытого грунта, особенно в Северных районах, растения, могут испытывать недостаток в солнечном свете. Прогресс, достигнутый в области создания принципиально новых источников облучения – светодиодных LED-ламп, позволяет создавать источники инсоляции, имитирующие суточный ход изменения спектральных характеристик и энергетической направленности света. Плюсом использования подобных установок является то, что даже люди, не имеющие специального агрономического или технического образования, могут легко использовать подобные фитотехкомплексы в своих частных домах и квартирах. Быстрым способом обогащения своего рациона питания витаминами и эссенциальными микроэлементами здесь может служить выращивание микрозелени – съедобной рассады. В последние годы вышло много обзорных и практических работ, посвященных изучению биохимического состава и содержания питательных веществ в микрозелени. Стимуляция роста светом и модификация имеющихся жидких питательных сред позволит улучшать сбалансированность фитохимического состава микрозелени. Среди общего разнообразия имеется мало информации о питательных свойствах микрозелени бобовых как семейства, насчитывающего около 18 000 видов, типовые роды которого являются важным компонентом почти всех наземных биотопов на всех континентах (кроме Антарктиды), способных вступать в многокомпонентные симбиозы с ассоциативными и клубеньковыми бактериями, а также грибами арбускулярной микоризы. Данный факт позволяет аграриям существенно экономить на использовании минеральных удобрений. Результаты археологических исследований показывали, что в пищу могут использоваться не только молодые проростки традиционных культур (чечевица, маш, горох), но и некоторые мелкосемянные многолетние кормовые виды (люцерна, астрагал, клевер, эспарцет). Интерес в исследованиях данных культур на ювенильном этапе роста представляет также изучение сложной регуляции ответных реакций на воздействие различных стрессовых условий окружающей среды (температура, ультрафиолет, засуха) у некоторых нетрадиционных родов, как циамописис или кроталария.

РАЗНООБРАЗИЕ ЖИЗНЕННЫХ ФОРМ ЛЮЦЕРНЫ ХМЕЛЕВИДНОЙ (*MEDICAGO LUPULINA* L.)

Н.Ю. Малышева, Т.В. Шеленга, А.Е. Соловьева, Л.Л. Малышев

Федеральный исследовательский центр Всероссийский институт генетических ресурсов растений имени Н.И. Вавилова, Санкт-Петербург, Россия, n.malysheva@vir.nw.ru

DIVERSITY OF BLACK MEDICK (*MEDICAGO LUPULINA* L.) LIFE FORMS

N.Y. Malysheva, T.V. Shelenga, A.E. Solovieva, L.L. Malyshev

N.I. Vavilov All-Russian Institute of Plant Genetic Resources, St. Petersburg, Russia, n.malysheva@vir.nw.ru

Естественный ареал люцерны хмелевидной приурочен к умеренной и субтропической зонам Евразии и Северной Африки. Вид распространился как сорняк с другими культурами в Северную и Южную Америку, Юго-Восточную Азию, Австралию, Новую Зеландию, Океанию, Южную Африку.

Люцерну хмелевидную используют как пастбищную, покровную, сидератную, противоэрозионную культуру для закрепления насыпей вдоль дорог и на отвалах горнодобывающей промышленности для фиторемедиации, в качестве компонента сложных травосмесей. Экстракты листьев обладают антимикробной, противоопухолевой, инсектицидной и фунгицидной активностью. Распространению культуры препятствует сложность получения семян.

По сравнению с люцерной посевной люцерна хмелевидная имеет ряд преимуществ: она устойчива к вытаптыванию и объеданию животными; высокая осыпаемость бобов способствует ежегодному возобновлению пастбища; вегетационный период продолжительный – от ранней весны до наступления заморозков; при выращивании с покровными культурами не конкурирует с ними, разрастаясь после уборки зерновых и подавляет рост сорняков; содержание сырого протеина в зеленой массе на уровне люцерны посевной; как все бобовые, растения накапливают в почве азот и улучшают ее структуру.

Семеноводство люцерны хмелевидной имеет свои преимущества и недостатки. Главное преимущество – вид является облигатным самоопылителем. Сложность получения полноценного урожая семян люцерны хмелевидной состоит в ее биологических особенностях: высокой осыпаемости семян и прорастании семян в бобах на материнском растении при дождливой погоде.

В 2018–2019 гг. было проведено изучение 60 образцов различного географического происхождения. Были обнаружены разные жизненные формы: поликарпические, монокарпические и бикарпические, в том числе 7 поликарпиков из стран Северной и Центральной Европы, 8 бикарпиков из Псковской, Новгородской и Ленинградской областей, остальные образцы – монокарпики – из Европы, Средней Азии и с Кавказа. Разделение на группы проводили согласно визуальной оценке растений в имматурный период, а также при завершении цветения и во время плодоношения.

Монокарпики плодоносят один раз в год посева или в следующем году при неблагоприятных условиях среды. Растения без прикорневых листьев и с индетерминантным ростом генеративных побегов. Встречаются повсюду в пределах ареала вида, часто заносные.

Урожайность зеленой массы: около 10 т/га, урожайность семян: до 7–10 ц/га. Содержание белка (% на сухой вес) $13,6 \pm 0,28$, сахаров – $2,0 \pm 0,09$.

Бикарпики плодоносят в первый и второй год жизни при благоприятных условиях. В неблагоприятные годы образуют прижатую прикорневую розетку из крупных листьев с единичными генеративными побегами и плодоносят в следующем году. Генеративные

побеги с детерминантным типом роста несут на верхушке сложное соцветие из двух или более простых соцветий. Урожайность зеленой массы 10–15 т/га (первый год жизни), урожайность семян 5–7 ц/га (первый год жизни), 5–10 ц/га (второй год жизни). Содержание белка (% на сухой вес) $16,6 \pm 1,0$, сахаров – $1,6 \pm 0,10$.

Поликарпики плодоносят несколько лет; в год посева созревают единичные бобы. В первый год жизни образуют прикорневую розетку из облиственных укороченных побегов; листья крупные с прямостоячими черешками. Генеративные побеги с детерминантным ростом несут на верхушке сложное соцветие из двух или более простых соцветий. Урожайность зеленой массы (первый год жизни): 10–20 т/га, урожайность семян (второй год жизни) до 15 ц/га. Содержание белка (% на сухой вес) $14,3 \pm 0,65$, сахаров – $1,9 \pm 0,16$.

ВЗАИМОСВЯЗЬ СОДЕРЖАНИЯ ТАНИНОВ В СЕМЕНАХ БОБОВ КОНСКИХ С МОФОЛОГИЧЕСКИМИ ПРИЗНАКАМИ РАСТЕНИЙ

**С.М. Мамедова*, В.С. Попов, А.Е. Соловьева, И.Н. Перчук, Л.Л. Малышев,
М.А. Вишнякова**

Федеральный исследовательский центр Всероссийский институт генетических ресурсов растений имени Н.И. Вавилова, Санкт-Петербург, Россия, *s.mamedova@vir.nw.ru

THE RELATIONSHIP OF TANNIN CONTENT IN HORSE BEAN SEEDS WITH MORPHOLOGICAL CHARACTERISTICS OF PLANTS

**S.M. Mamedova*, V.S. Popov, A.E. Solovyeva, I.N. Perchuk, L.L. Malyshev,
M.A. Vishnyakova**

N.I. Vavilov All-Russian Institute of Plant Genetic Resources, St. Petersburg, Russia,
*s.mamedova@vir.nw.ru

Бобы конские (*Vicia faba* L.) – одно из наиболее древних domesticiрованных растений, кормовую и пищевую ценность которых трудно переоценить. Использование бобов сдерживается наличием антипитательных веществ, в частности, содержанием фенольных соединений – танинов в семенной оболочке. Наличие в генофонде низкотаниновых или безтаниновых форм позволяет вести селекцию на этот признак. Плейотропное действие аллелей *zt-1* и *zt-2* (*zero tannin*) выражается в отсутствии темной пигментации на околоцветнике бобов. Цель работы – биохимическая валидация морфологического маркера – низкого содержания танинов у белоцветковых образцов, а также выявление связей между наличием пигментации на лепестках, окраской семенной кожуры и рубчика семени, наличием темного пятна (экстрафлорального нектарника) на прилистниках, антоциана на проростках и содержанием танинов в семенах у бобов конских с целью поисков возможных дополнительных морфологических маркеров низкого содержания этих антипитательных веществ в семенах бобов.

В исследование взяты 10 образцов бобов из коллекции ВИР разных лет поступления в коллекцию. Эти образцы отобраны по результатам предварительного анализа содержания танинов в семенах. Образцы преимущественно светлосемянные, относятся к восточно-европейской группе и к разновидностям *major*, *minor*, *equina*. При создании выборки придерживались принципа их максимального разнообразия по комплексу изучаемых признаков: сочетанию окраски семенной кожуры, окраски рубчика и наличия/отсутствия пигментации на лепестках и темноокрашенных экстрафлоральных нектарников, а также размера и формы семян. У пяти образцов, относящихся по шкале хроматаксии к категории *albus*, содержание антоцианов (6,84–8,89 мг/100 г) достоверно ниже почти в два раза, чем у образцов из категорий *lateritius* (14,02–23,85 мг/100 г) и *nigrum* – 21,99 мг/100 г. Аналогичная изменчивость характерна для содержания танинов: в группе *albus* самые низкие значения – 0,10–0,35%, в группе *lateritius* достоверно выше – 0,32–0,78%, как и у образца с семенной кожурой категории *nigrum* – 0,60%. Достоверно более высокая средняя концентрация танинов выявлена для групп: с пигментацией на лепестках; с антоциановыми проростками; с наличием пигментных пятен на прилистниках (экстрафлоральных нектарников) и у образцов с темным рубчиком. Обнаружена высокая положительная корреляция между содержанием антоцианов и танинов ($r = 0,79$), коэффициент линейной регрессии $b = 0,032$, $p = 0,05$), высокая положительная корреляция между концентрацией антоциана и белка ($r = 0,76$) и средняя положительная связь между белком и танинами ($r = 0,60$). Между содержанием танинов и размером семян связь очень слабая. Существует прямая связь высокого значения этих биохимических признаков с наличием темного пятна на прилистниках (экстрафлорального нектарника) и антоциана на проростках, что позволяет считать последние морфологическими маркерами высокой

концентрации танинов в семенах. Светлая окраска семенной кожуры также может быть свидетельством низкого содержания танинов. Исключение составляет только сорт 'Tor-less', у которого отсутствие пигментации на лепестках сочетается с наличием пигментированного нектарника. Следует отметить особенность этого сорта: околоцветник лишен пигментации в начале цветения, но со временем на нем появляются пигментные пятна, которые, сливаясь, дают почти типичную для большинства бобов черную пигментацию лепестков. Выявленные маркеры отражают особенности синтеза фенольных соединений, к которым относятся танины и антоцианы, у разных генотипов. Связь низкой концентрации танинов в семенах бобов конских со светлой окраской семенной кожуры, отсутствием антоцианового окрашивания проростков и темноокрашенного экстрафлорального нектарника на прилистниках позволяет использовать эти признаки в качестве морфологических маркеров низкотаниновых генотипов на ранних стадиях развития растений. Это позволит вести поиск нужного материала в поле, к примеру, как компонента скрещивания для проведения гибридизации в этот же полевой сезон. Светлая оболочка семян, не темнеющая со временем при их соответствующем хранении (низкие значения температуры, влажности семян, освещенности, концентрации кислорода в хранилищах), тоже может служить признаком низкотаниновых генотипов.

КОЛЛЕКЦИИ ЛЮПИНА В ГЕНБАНКЕ БЕЛАРУСИ: СОХРАНЕНИЕ И ИСПОЛЬЗОВАНИЕ

И.С. Матыс, И.М. Маркевич, П.Ю. Савенков, Н.Н. Жачкина
РУП «Научно-практический центр Национальной академии наук Беларуси по
земледелию», Жодино, Республика Беларусь, belgenbank@izis.by

LUPINE COLLECTIONS IN THE CENEBANK OF BELARUS: CONSERVATION AND UTILIZATION

I.S. Matys, I.M. Markevich, P.Yu. Savenkov, N.N. Zhachkina
Research and Practical Center of National Academy of Sciences of the Republic of Belarus for
Arable Farming, Zhodino, Republic of Belarus, belgenbank@izis.by

Люпин – древнейшее культурное растение. Еще 4000 лет назад в средиземноморских странах, в Египте, древней Греции и античном Риме существовала развитая культура люпина, и выделявшиеся уже тогда формы мало отличались от современных культурных сортов. Люпин в настоящее время рассматривается как наиболее энергоресурсоэкономная, природу щадящая, азотфиксирующая, высокобелковая культура. Виды рода люпин (*Lupinus* L.) имеют фундаментальное значение для увеличения производства высокобелковых и энергонасыщенных кормов, развития экологического земледелия и повышения устойчивости функционирования агросферы как важнейшей составляющей биосферы. На сегодняшний день в Беларуси генетико-селекционные исследования ведутся с пятью видами люпина: узколистным (*Lupinus angustifolius* L.), желтым (*Lupinus luteus* L.), белым (*Lupinus albus* L.), тарви (*Lupinus mutabilis* L.) и многолистным (*Lupinus polyphyllus* Lindl.), а в сельскохозяйственном производстве используются два вида: узколистный и желтый.

В Национальном банке семян генетических ресурсов хозяйственно полезных растений РУП «Научно-практический центр НАН Беларуси по земледелию» семенная коллекция люпина представлена 1096 образцами и включает в свой состав 19 видов люпина (*L. angustifolius*, *L. albus*, *L. aridus* L., *L. atlanticus* L., *L. cosentinii* Guss., *L. digitatus* L., *L. douglasii* L., *L. elegans* L., *L. hilarianus* Benth., *L. hybridus* L., *L. lindleyanus* Agardh., *L. linifolius* L., *L. luteus*, *L. mutabilis*, *L. paniculatus* Desr., *L. pubescens* L., *L. subcarnosus* Hook., *L. termis* Forsk., *L. perennis* L.) и 48 его разновидностей из 29 стран мира. Коллекция сохраняется в регулируемых условиях среднесрочного и долгосрочного хранения. Коллекция люпина охватывает оригинальный семенной генофонд белорусского происхождения, лучшие зарубежные сорта, наиболее ценные уникальные либо редкие образцы, доноры желательных генов люпина, селекционно ценные родительские формы, генетические стержневые коллекции (биологические банки генов). Питомник эволюционной лестницы (ПЭЛ) включает уникальную коллекцию люпина, которая отражает его культивгенез и объединяет дикие формы из Средиземноморья и кормовые сорта отечественной селекции, имеющие различную морфофизиологическую структуру.

Биологический банк генов (ББГ) люпина узколистного обеспечивает закладку, хранение, транспортировку и воспроизводство колоссального генетического разнообразия (на уровне вида) в минимальном количестве его образцов. ББГ представляет собой систему из 14 компонентов (ББГ-1 ББГ-14), в которой экспериментально сконцентрированы и хранятся все контролируемые, необходимые для практической селекции гены (более 100 генов по 35 признакам), ранее дисперсно разбросанные в различных образцах мировой коллекции данного вида. Компоненты ББГ комплементарны друг другу по контролируемым генам большинства признаков, что обеспечивает во втором и старших поколениях гибридов от их скрещивания между собой воспроизводство колоссального разнообразия генотипов. Использование генетического

разнообразие ББГ в практической селекции позволило в короткий срок создать ряд интенсивных сортов люпина узколистного (‘Данко’, ‘Миртан’, ‘Першацвет’ и др.).

В коллекции хранятся источники селекционно ценных признаков люпина узколистного: образец Нейтра-ФТ-РШЛ-1 (BLR) – термонеutralность, быстрый темп начального роста, розовая окраска цветков, серо-шелковая окраска семян; Нейтра-ФТ-РЧР-1 (BLR) – фототермонеutralность, очень быстрый темп начального роста, розовая окраска цветков, черная окраска семян; Нейтра-ФТ-СЧР-1 (BLR) – фототермонеutralность, очень быстрый темп начального роста, синяя окраска цветков, черная окраска семян; Нейтра-ФТ-РБЖ-1 (BLR) – фототермонеutralность, очень быстрый темп начального роста, розовая окраска цветков, бежевая окраска семян; Нейтра-ФТ-СШЛ-1 (BLR) – фототермонеutralность, очень быстрый темп начального роста, синяя окраска цветков, серо-шелковая окраска семян; Нейтра-ФТ-РЧР-2 (BLR) – термонеutralность, очень быстрый темп начального роста (7 баллов), розовая окраска цветков, черная окраска семян; ЛАН 89 ГБГ 11 (BLR) – источник признака высокого содержания белка в семенах 39–41% и ксероморфной структуры листа типа «Фрост»; ЛАН 96 ГБГ 7 (BLR) – красная окраска семян, крупносемянность и устойчивость к фузариозной корневой гнили; ЛАН 99 ГБГ 10 (BLR) – источник комплекса признаков отличимости: оранжево-ржавой окраски семян и наличие на них двух серпиков (дужек); ЛАН 96 ГБГ 13 (BLR) – чисто белая окраска цветков и семян, крупность семян, устойчивость к фузариозным корневым гнилям и фузариозному увяданию; Глат-ксеро (BLR) – ксероморфный лист, щитковидный типа генеративной сферы, устойчивость к фузариозным корневым гнилям; ‘Першацвет’ (BLR) – колосовидный типа генеративной сферы, устойчивость к растрескиваемости бобов, к фузариозным корневым гнилям, антракнозу; ГБГ–4 (BLR) – бело-розовая окраска цветков, белые семена с редким коричневым рисунком без треугольного пятна и полосы под рубчиком, устойчивость к растрескиваемости бобов, фузариозным корневым гнилям.

Белорусским государственным университетом передана на хранение признаковая генетическая коллекция люпина в генбанк. Она создана на основе сортообразцов, полученных по обмену начиная с 1970 года из Польши, Германии, России, а также сортов разных лет селекции в Республике Беларусь и созданных в лаборатории БГУ мутантов, межсортовых и межмутантных гибридов люпина желтого и узколистного. В Коллекции насчитывается 797 образцов люпина белого, желтого, узколистного и 12 других видов. Коллекция включает образцы разные по морфотипу растений, качественным и количественным признакам, биохимическим характеристикам. Отдельные образцы протестированы по спектру запасных белков, количественному и качественному составу алкалоидного комплекса. С помощью молекулярных маркеров часть коллекции люпина проанализирована на наличие генов твердокаменности семян, устойчивости к антракнозу, потребности в яровизации, низкому содержанию алкалоидов и нерастрескиваемости бобов. На базе признаковой коллекции в БГУ были сформированы стержневые коллекции люпина желтого и люпина узколистного.

ГНУ «Институт экспериментальной ботаники имени В.Ф. Купревича НАН Беларуси» переданы в коллекцию и сохраняются образцы диких видов люпина и природные популяции, собранные в экспедиционных обследованиях по территории страны.

Коллекция люпина (*Lupinus*) послужила исходным материалом для создания 29 новых сортов, которые широко используются в сельскохозяйственном производстве Республики Беларусь и составляют 80% в структуре посевов люпина. В Государственный реестр сортов Республики Беларусь, допущенных к использованию в 2021 году, включены следующие сорта люпина узколистного (*L. angustifolius*): ‘Миртан’, ‘Першацвет’, ‘Синий 16’, ‘Михал’, ‘Прывабны’, ‘Ян’, ‘Добрыня’, ‘Кармавы’, ‘Жодзінскі’, ‘Ранні’, ‘Геркулес’, ‘Щучинский 470’, ‘Василек’, ‘Талант’, ‘Гусляр’, ‘Ванюша’, ‘Альянс’ и люпина желтого ‘Жемчуг’, ‘Владко’, ‘Алтын’.

АМИЛОИДНЫЕ БЕЛКИ РАСТЕНИЙ И БАКТЕРИЙ: СХОДСТВО СТРУКТУРЫ И РАЗНООБРАЗИЕ ФУНКЦИЙ

А.А. Нижников^{1, 2}

¹ Всероссийский научно-исследовательский институт сельскохозяйственной микробиологии, Санкт-Петербург, Россия, a.nizhnikov@arriam.ru

² Санкт-Петербургский государственный университет, Санкт-Петербург, Россия

AMYLOID PROTEINS OF PLANTS AND BACTERIA: STRUCTURAL SIMILARITY AND DIVERSITY OF FUNCTIONS

A.A. Nizhnikov^{1, 2}

¹ All-Russia Research Institute for Agricultural Microbiology, St. Petersburg, Russia, a.nizhnikov@arriam.ru

² Saint-Petersburg State University, St. Petersburg, Russia

Амилоидами называют фибриллярные белковые агрегаты с особой упорядоченной структурой, придающей им высокую устойчивость к различным физико-химическим воздействиям. Амилоиды ассоциированы с развитием десятков неизлечимых заболеваний человека и животных, а также выполняют ряд жизненно важных функций. Наибольшее разнообразие амилоидных белков описано у бактерий, у которых амилоиды выполняют ряд функций, связанных, например, с формированием биопленок, хранением токсинов и преодолением поверхностного натяжения жидкостей. Недавно описанные нашим коллективом амилоиды симбиотических клубеньковых бактерий образуются белками наружной мембраны, обладающими особой структурой, называемой «бета-баррель». Структурно сходные амилоидогенные белки описаны и у энтеробактерий. Примечательно, что запасные глобулины семян бобовых, представляющие собой первый известный пример функциональных амилоидов растений, также имеют домены типа «бета-баррель». Эти данные свидетельствуют в пользу того, что белковые домены такого типа являются важными амилоидогенными детерминантами, а также потенциально могут опосредовать взаимодействия амилоидов прокариот и эукариот в надорганизменных генетических системах.

Работа выполнена при поддержке грантов Президента Российской Федерации МД-2302.2022.5 (изучение белков гаммапротеобактерий) и РНФ 17-16-01100П (изучение амилоидов растений).

ИЗУЧЕНИЕ СЕЛЕКЦИОННОГО ПОТЕНЦИАЛА СОИ (*GLYCINE MAX* (L.) MERRILL) ИЗ КОЛЛЕКЦИИ ВИР В ОМСКОМ АНЦ

А.А. Нуяндина^{1, 2*}, Л.В. Омелянюк¹, А.М. Асанов¹

¹ Омский аграрный научный центр, Омск, Россия

² Омский государственный аграрный университет имени П.А. Столыпина, Омск, Россия,

*aa.nuyandina2022@omgau.org

STUDYING THE BREEDING POTENTIAL OF SOYBEANS (*GLYCINE MAX* (L.) MERRILL) FROM THE VIR COLLECTION AT OMSK AGRARIAN SCIENTIFIC CENTER

A.A. Nuyandina^{1, 2}, L.V. Omelianyuk¹, A.M. Asanov¹

¹ Omsk Agrarian Scientific Center, Omsk, Russia

² Omsk State Agrarian University, Omsk, Russia, aa.nuyandina2022@omgau.org

Современная стратегия развития сельского хозяйства заключается в сокращении до минимума влияния отрицательных воздействий на агросистему. Неотъемлемым и важным аспектом в развитии сельского хозяйства являются зернобобовые культуры, так как именно они представляют собой один из основных источников полноценного растительного белка, и помимо того являются отличным предшественником.

Соя (*Glycine max* (L.) Merrill) – самая популярная зернобобовая и масличная культура в мире. За последние годы существенно вырос спрос на соевое зерно и в России. По данным Росстата за последние десять лет среднегодовой рост посевной площади сои в стране составил 13,4%, ее урожайности – 2,8%, а валового сбора – 17,3%. В 2021 г. посевная площадь сои в России составила 3,08 тыс. га (в 2,5 раза больше уровня 2011 г.), а урожайность – 15,7 ц/га (на 32% больше).

Стоит отметить, что системным производством сои на территории страны много лет не занимались. По этой и ряду других причин объемы производства культуры в России остаются крайне недостаточными для удовлетворения потребностей народного хозяйства в высокобелковом и масличном сырье, покрывая их всего на 20–30%, что является причиной продолжения импорта зерна и шротов сои из зарубежных стран, но учитывая обстановку в 2022 г., импорт становится проблематичным.

Зона южной лесостепи Западной Сибири по агроклиматическим характеристикам также является перспективной для успешного возделывания этой агрокультуры. Учеными доказано, что большинство скороспелых генотипов иннорайонной селекции не являются таковыми при возделывании в Омской области на широте 55,0°. Урожайность сои недостаточно высока и нестабильна из-за негативного воздействия абиотических и биотических факторов окружающей среды, что неблагоприятно сказывается на семенной продуктивности. Важным элементом выбранной стратегии развития сельского хозяйства должно стать изучение восприимчивости современных сортов сои к комплексу заболеваний и селекция новых сортов, толерантных не только к неблагоприятным факторам окружающей среды, но и к различным болезням (в частности, учитывая специфику тех или иных регионов). Существенное негативное воздействие на успешное развитие и урожайность этой агрокультуры связано с накоплением инфекций в семенном материале, ввиду подверженности новых сортов комплексу патогенных микроорганизмов и недостаточной изученности самих патогенов.

Наиболее распространенными в южной лесостепи Западной Сибири заболеваниями являются фузариозные корневые гнили *Fusarium solani* (Mart.) Appel et Wr., *Fusarium oxysporum* Schlecht emend. Snyder & Hansen и корневые гнили сложной этиологии, листовые болезни сои (вирусная мозаика сои *Bean yellow mosaic virus* (BYMV), антракноз *Colletotrichum pisi* Pat., аскохитоз *Ascohyta pisi* Lib., *Ascohyta pinodes* (Berk. et Blox) Jones.,

септориоз *Septoria glycinis* Hemmi, бактериальный ожог (угловатая пятнистость) *Pseudomonas glycineum* Coerper (syn. *Pseudomonas syringae* pv. *glycinea* (Coerper.) Young et al.) и др.

Исходя из этого, цель наших исследований: на основе комплексной оценки сортообразцов мировой коллекции ВИР выделить ценный исходный материал для создания сортов сои с улучшенными показателями продуктивности и качества, повышенной устойчивостью к основным фитопатогенам в условиях южной лесостепи Омской области.

Достижение поставленной цели предполагает постановку и решение следующих задач:

1. Изучить в естественных полевых условиях сортообразцы сои мировой коллекции ВИР по физиологическим, морфологическим и биохимическим признакам;
2. Определить видовой состав болезней сои, распространенных в южной лесостепи Омской области и провести оценку коллекционного материала на устойчивость к болезням;
3. Выделить лучшие образцы по комплексу хозяйственно ценных признаков и создать внутривидовые гибриды сои с их участием;
4. Изучить характер наследования элементов структуры урожая;
5. Передать созданный гибридный материал для изучения в селекционных питомниках.

Объект исследования – исходный материал (69 сортообразцов, полученных из ВИР, и сорта омской селекции; 9 гибридов F₁), фитопатогены.

Предмет исследования – адаптивность сортообразцов сои к агроклиматическим условиям южной лесостепи Омской области и восприимчивость к основным фитопатогенам.

Исследование начато в 2022 г. в рамках плана аспирантской подготовки на селекционном поле лаборатории селекции зернобобовых культур ФГБНУ «Омский АНЦ». Предшественник озимые зерновые. Коллекционные сортообразцы высевали вручную: площадь питания растений 60 × 5 см, количество семян в делянке – 40 шт., длина рядка 2 м, ширина междурядий 60 см, повторность 2-кратная. Первые наблюдения за проявлением болезней проводили в фазу первого тройчатого листа. Последующие наблюдения на листьях – в период цветения и налива семян. Уборка вручную по мере созревания.

В результате предварительной оценки сои в естественных полевых условиях на восприимчивость к грибным и вирусным болезням выявлено наиболее частое поражение образцов фузариозом и септориозом (59,2% от объема выборки). На образцах из Амурской области, Польши и Франции отмечен вирус морщинистой мозаики (17,7%). Подтверждено, что зараженные семена могут быть источником заболеваний сои. Работа по изучению динамики проявления и распространения болезней, оценка восприимчивости к ним селекционного и коллекционного материала сои будет продолжена.

В результате комплексного полевого и лабораторного исследования предполагается объективная идентификация наиболее ценных образцов коллекции ВИР с повышенной технологичностью. Будут получены новые знания о восприимчивости сортов сои к фитопатогенам в условиях южной лесостепи Западной Сибири. На основе выделенных перспективных исходных форм сои будут созданы новые скороспелые гибридные популяции, проведены отборы элитных растений. В селекционные питомники будет передан новый генетический материал с повышенной технологичностью, более устойчивый к агроклиматическим факторам среды и фитопатогенам.

**ГЕНОТИПИЧЕСКИЙ СКРИНИНГ ЗЕРНОБОБОВЫХ КУЛЬТУР
ПО УТОЙЧИВОСТИ К ВОЗДЕЙСТВИЮ ТЯЖЕЛЫХ МЕТАЛЛОВ
НА ОСНОВАНИИ ФРАКТАЛЬНОГО ПРОФИЛИРОВАНИЯ
ИХ КОРНЕВЫХ ВЫДЕЛЕНИЙ**

Я.В. Пухальский*, Н.И. Воробьев, Ю.В. Лактионов, А.П. Кожемяков
Всероссийский научно-исследовательский институт сельскохозяйственной
микробиологии, Санкт-Петербург, Россия, *puhalskyan@gmail.com

**GENOTYPIC SCREENING OF FABACEAE FOR RESISTANCE TO THE EFFECT
OF HEAVY METALS ON THE BASIS OF FRACTAL PROFILING
OF THEIR ROOT EXUDATES**

J.V. Puhalsky*, N.I. Vorobyov, Yu.V. Laktionov, A.P. Kozhemyakov
All-Russia Research Institute for Agricultural Microbiology, St. Petersburg, Russia,
*puhalskyan@gmail.com

Биохимические процессы, происходящие внутри растений, устанавливают фиксированные потоки синтеза и передвижения метаболитов по их проводящей системе. При воздействии на растения негативных антропогенных стресс-факторов, в частности тяжелых металлов, соотношения фракций и отдельных компонентов в общем составе метаболитов меняется. Известно, что ключевая роль в толерантности растений к воздействию различных абиотических и биотических стрессов принадлежит корням. Помимо транспортировки по сосудистой системе вместе с водой питательных веществ в надземные органы растений, для поддержания адаптационной лабильности культур в онтогенезе они также выделяют в ризосферу различные органические соединения (корневые экссудаты) для привлечения полезной микрофлоры. Поэтому по соотношению выхода их экзометаболитов можно также уже на раннем этапе вегетации культиваров проводить генотипический скрининг устойчивости исходного растительного материала, не прибегая к разрушению живых тканей. Как правило, большинство подобных исследований проводят в модельных условиях селекционного фитотрона (синерготрона), где можно моделировать различные условия окружающей среды. Растения здесь выращивают в упрощенных гидропонных системах, поскольку создание локальных стерильных условий в почве является весьма трудоемкой задачей. Хотя результаты подобных исследований и далеки от естественных, природных условий, косвенно беспочвенные методы выращивания, наряду с *in vitro*, все же пригодны для первичной выборки общих метаболических реакций, происходящих внутри растений. Кроме того, за счет отсутствия адсорбционного процесса, осуществляемого коллоидными частицами и агрегатами почвы, процессы обмена веществ протекают здесь гораздо быстрее, по типу реакций окисления/восстановления, что позволяет более точно вести динамику оценки изменения корневых выделений при формировании толерантности растений к различным загрязнителям – методика биотестирования. Принимая во внимание тот факт, что корневая экссудация является частью общего отражения изменения неких внутренних инструкций, прописанных (запрограммированных) в геноме растений, и реализующихся в каскаде соответствующих реакций, мы сформулировали нейронную сеть, основанную на расчете фрактальных степенных рядов и вычислении индексов биосистемной консолидации соотношения выхода их компонентов в прикорневую зону. Акцент был сделан на изучении фракции аминокислот как наибольшей по числу входящих в нее компонентов при детектировании и являющихся первичными мономерами, принимающими активное участие в образовании молекулы белков. Научная новизна подобных исследований заключается в том, что созданная на основе математического анализа накопленных данных методика позволит выявлять временные закономерности

выхода того или иного компонента по фазам роста и долю их участия в корреляционной матрице формирования вторичных эндогенных метаболитов. Оценка вариативности выхода корневых выделений у различных растительных синузий также позволит предсказывать формирование аборигенных микробных сукцессии в ризосфере (структуры ризомикробиома), для запланированных мероприятий по биоремедиации (фитосанации) загрязненной территории с помощью растительно-микробных интродуцентов. Описание вычислительных преобразований во фрактальной нейронной сети аминокислот можно свести к следующему принципу: в первом слое нейронов №0 происходит логарифмирование полученных данных ($y_{l,1,i}$), соответствующих анализу корневых экссудатов на определенной точке (периоде) роста и на одном варианте опыта с номером (l) по формуле (1)

$$y_{l,0,i} = \log_2(s_{l,0,i}), \quad (1)$$

где $s_{l,0,i}$ – концентрация аминокислоты с номером (i), моль; $i = 1, 2, \dots, n$; n – общее число аминокислот, число нейронов в слое №0.

Далее происходит их упорядочивание по убыванию числового интервала полученных значений. В последующих слоях выходные значения нейронов ($y_{l,k,i}$) вычисляются по формуле (2).

$$y_{l,k,i} = y_{l,k-1,i} - y_{l,k-1,i+1}, \quad (2)$$

где $k = 1, 3, \dots, n-1$ – номера нейронных слоев; n – число аминокислот, число нейронов в первом слое; $i = 1, 2, \dots, n-k$ – порядковые номера нейронов в слое с номером (k); l – номер варианта опыта.

В результате, в последнем слое с номером ($n-1$) присутствует только один нейрон. Промежуточная матрица $D(l,k)$ содержит значения, вычисляемые по формуле (3).

$$d_{l,k} = \text{StandardError}(y_{l,k,1}, y_{l,k,2}, \dots, y_{l,k,n-k}), \quad (3)$$

где $k = 1, 2, \dots, n-1$ – номер нейронного слоя; $d_{l,n-1} = 0$; n – общее число аминокислот, число нейронов в слое №0; l – номер варианта опыта.

Весовые коэффициенты ($\omega_{l,k}$) нейронов слоя с номером (n) вычисляются по формулам (4, 5).

$$\omega_k = \frac{1}{r_D} \cdot (r_k - r_C), r_C = \frac{1}{n-2} \cdot \sum_{k=1}^{n-2} r_k, r_D = \sqrt{\sum_{k=1}^{n-2} (r_k - r_C)^2}, \quad (4)$$

$$r_k = \text{CoefficientCorrelation}(d_{1,k}, d_{2,k}, \dots, d_{n-2,k}; w_1, w_2, \dots, w_{n-2}), \quad (5)$$

где $k = 1, 2, \dots, n-2$; n – число аминокислот, число нейронов в слое №0.

Вектор индексов биокомпозиции (C_i и P_i) вычисляется по формулам (6).

$$c_i = 1 + a \cdot p_i; p_i = \frac{1}{n-2} \cdot \sum_{k=1}^{n-2} \omega_k \cdot d_{l,k}. \quad (6)$$

где a – числовая константа, не влияющая на обучение нейронной сети.

Обучение нейронной сети основано на вычислении базового коэффициента корреляции (R) по формуле (7) и поиска весовых коэффициентов ($\omega_{l,k}$), при которых $R = 1$.

$$R = \text{CoefficientCorrelation}(c_1, c_2, \dots, c_{n-2}; w_1, w_2, \dots, w_{n-2}) \rightarrow 1 \quad (7)$$

где W – вектор, участвующий в вычислении весовых коэффициентов слоя нейронов с номером (n). Для обучения нейронной сети и получения искомого результата предлагается проводить несколько циклов рекуррентных вычислений. После 5–7 итераций достигается условие $R = 1$. Растения из семейства бобовых (Fabaceae) идеально подходят для проведения подобных экспериментов в стерильных гнотобиотических системах, поскольку они культивируются повсеместно, а типовые роды способны вступать в многокомпонентные симбиозы с представителями различных полезных почвенных микроорганизмов, среди которых клубеньковые и ассоциативные ризобактерии, а также грибы арбускулярной микоризы. Так же как модельные тест-культуры они используются в фиторемедиационных исследованиях с участием тяжелых металлов. Последняя

особенность использования данных культур непосредственно связана с диссертационной работой первого автора данных тезисов.

Работа проводится при поддержке Министерства науки и высшего образования Российской Федерации в соответствии с соглашением НЦМУ № 075-15-2022-320 от 20 апреля 2022 года о предоставлении гранта в виде субсидии из Федерального бюджета Российской Федерации. Грант был предоставлен для государственной поддержки создания и развития Научного центра мирового уровня «Агротехнологии будущего».

**ДИАГНОСТИКА ЗАСУХОУСТОЙЧИВОСТИ ОБРАЗЦОВ ГОРОХА
(*PISUM SATIVUM* L.) ИЗ КОЛЛЕКЦИИ ВИР
НА РАННИХ ЭТАПАХ ОНТОГЕНЕЗА**

Е.В. Семенова*, Н.Д. Кравчук, М.А. Вишнякова

Федеральный исследовательский центр Всероссийский институт генетических ресурсов
растений имени Н.И. Вавилова, Санкт-Петербург, Россия, *e.semenova@vir.nw.ru

**DIAGNOSTICS OF DROUGHT RESISTANCE IN PEA ACCESSIONS
(*PISUM SATIVUM* L.) FROM THE VIR COLLECTION AT EARLY STAGES
OF ONTOGENESIS**

E.V. Semenova*, N.D. Kravchuk, M.A. Vishnyakova

N.I. Vavilov All-Russian Institute of Plant Genetic Resources, St. Petersburg, Russia,
*e.semenova@vir.nw.ru

В связи с имеющими место прогрессирующими изменениями климата, засуха приобретает все большее значение как фактор, вызывающий существенные потери урожаев культурных растений. В силу этой причины создание засухоустойчивых сортов, т. е. сортов, способных сохранять свою продуктивность в условиях дефицита влаги, является одной из приоритетных задач современной селекции. При этом зернобобовые культуры, в том числе и горох, заслуживают в этом отношении особого внимания, поскольку их продуктивность непосредственно зависит от симбиоза с ризобияльными бактериями – растительно-микробного взаимодействия, чрезвычайно чувствительного к засухе. Важно также отметить, что вызываемые засухой потери урожая зернобобовых имеют не только количественный, но и качественный характер, так как стресс, связанный с дегидратацией тканей растений, влечет за собой снижение качества семян как с точки зрения их способности к хранению и прорастанию, так и в отношении их питательной ценности.

Коллекция гороха в ВИР в настоящее время насчитывает более восьми тысяч образцов и отражает все мировое разнообразие данной культуры. Создание новых сортов требует всестороннего изучения мирового генофонда гороха, т. к. известно, что генетическая основа сорта обеспечивает его способность к адаптации.

Горох – относительно влаголюбивая культура. В РФ проводятся полевые исследования генотипического разнообразия гороха на устойчивость к засухам различного типа. Для начала ростовых процессов семян, особенно мозгового гороха, требуется 100–110% влаги от их массы. В связи с этим особенно актуально изучение влияния на растения весенней засухи и их способности противостоять ей на стадии прорастания семян и роста проростков. Выявление образцов – носителей ценных генов засухоустойчивости важно при подборе исходного материала для создания сортов, обладающих устойчивостью к недостатку водоснабжения.

В ВИР исследования засухоустойчивости растений на ранних этапах развития проводят экспресс-методом в лабораторных условиях. Используют рулонный способ проращивания семян в растворе осмотика (сахарозы), связывающем воду при росте зародышевых корешков и проростков. Метод позволяет быстро и с небольшими затратами изучить влияние стрессора на рост корешков и побегов растений, обладает воспроизводимостью и большой пропускной способностью. Диагностический критерий метода – индекс длины корня (ИДК) – величина отношения усредненной длины корешков проростков, выращенных на провокационном фоне (раствор сахарозы, имитирующий раннюю засуху) к контрольным значениям (вода). Этот индекс позволяет учесть степень торможения роста корней растений, подвергнутых стрессорным воздействиям.

В исследование были включены 200 образцов гороха различных направлений использования (зерновых – 79 обр., овощных – 68 обр., кормовых – 53 обр.) из 27 стран мира и 15 областей и краев РФ. Наибольшее количество образцов были из США (17 обр.), Франции (13 обр.), Швеции (12 обр.), Орловской области (16 обр.) и Московской области (13 обр.). Массовый поточный скрининг показал, что средняя длина корешков в контрольных условиях значительно отличалась в зависимости от сорта и составляла в конце эксперимента от 4,4 до 12,5 см. Неблагоприятное воздействие на прорастающие семена стрессорного фона (раствор сахарозы с осмотическим давлением 5 атм) тормозило рост проростков (особенно корешков).

Значение ИДК у разных образцов значительно варьировало (от 0,26 до 0,89). С учетом дифференциации ИДК образцов было определено число групп устойчивости и величина их интервалов. К высокоустойчивым отнесены образцы с ИДК $> 0,8$, к устойчивым с ИДК от 0,6 до 0,79, к среднеустойчивым с ИДК от 0,40 до 0,59 и неустойчивым с ИДК $< 0,4$.

Проанализированные образцы были распределены по группам устойчивости к стрессору. Согласно проведенному ранжированию наибольшую устойчивость к засухе на ранних этапах развития проявили образцы кормового направления использования (пелюшки). Всего 30% изученных образцов проявили себя как среднеустойчивые, неустойчивых вообще не оказалось. Наибольшая часть изученных овощных (58,8%) и зерновых (58,2%) образцов вошли в группу среднеустойчивых. В группу устойчивых вошли всего 35,4% зерновых и 22% овощных образцов. Больше всего неустойчивых к засухе образцов было в группе овощных (17,7%).

Высоко устойчивыми образцами с ИДК $> 0,8$ оказались: зерновой сорт 'Алиот' (к-10081) из Краснодарского края, овощной сорт 'Argo' (к-9015) из Франции и четыре образца кормового направления использования (к-8731) из Московской обл., (к-10279) из Великобритании, сорта 'Гомельской' (л-8798) и 'Кореличский кормовой' (к-9504) из Беларуси.

Изученная нами в лабораторных условиях выборка предварительно была фенотипирована в полевых условиях, где образцы в течение трех лет были охарактеризованы по основным морфологическим, биологическим и хозяйственным признакам. На основании этих характеристик установлено, что в группу устойчивых и высокоустойчивых образцов попали как раннеспелые, так и позднеспелые образцы, с усатым или листочковым типами листа, мелкосемянные и крупnoseмянные, высокорослые и низкорослые. Анализ структуры продуктивности изученных сортов гороха позволил рассчитать коэффициенты корреляции между засухоустойчивостью на ранних этапах развития проростков (ИДК) и некоторыми показателями взрослых растений. Выявлено отсутствие достоверной связи между ИДК и показателями структуры урожая (от +0,17 до -0,24). Вероятно, отсутствие корреляций указывает на независимость ростовых и продукционных характеристик сортов гороха от параметра ранней засухоустойчивости (ИДК). Кроме того, ИДК характеризует устойчивость растений именно к засухе на ранних стадиях развития.

КОЛЛЕКЦИЯ СОИ ВИР – ИСТОЧНИК ИСХОДНОГО МАТЕРИАЛА ДЛЯ СЕЛЕКЦИОННОГО И НАУЧНОГО ИСПОЛЬЗОВАНИЯ

И.В. Сеферова

Федеральный исследовательский центр Всероссийский институт генетических ресурсов растений имени Н.И. Вавилова, Санкт-Петербург, Россия, i.seferova@vir.nw.ru

VIR'S SOYBEAN COLLECTION AS A SOURCE OF BASIC MATERIAL FOR BREEDING AND SCIENTIFIC PROGRAMS

I.V. Seferova

N.I. Vavilov All-Russian Institute of Plant Genetic Resources, St. Petersburg,
Russia, i.seferova@vir.nw.ru

В основном каталоге коллекции сои ВИР числится 7530 образцов рода *Glycine* Willd., в том числе 7114 образцов культурной сои (*Glycine max* (L.) Merr.), 356 – диких однолетних видов (340 – *G. soja* Sieb. et Zucc., 16 – *G. gracilis* Skvortsov) и 60 образцов восьми многолетних видов Австралийского региона. В коллекции представлены материалы из России и 73 других стран. С территории России происходит около 20% образцов, а остальной материал был получен с зарубежных территорий в результате экспедиций и научного обмена (Вишнякова и др., 2018). Больше всего зарубежных образцов происходит из Канады, Китая, США, Украины, Южной Кореи и Японии.

Возможность привлечения образцов в селекционные и научные программы определяется его доступностью, генетическими свойствами и наличием оценочной информации, позволяющей отбирать необходимый материал. Большая часть образцов коллекции сои в разные годы прошла изучение на опытных станциях ВИР. Начиная с 1972 по 2020 г в ВИР был опубликован 21 каталог, содержащий информацию о 6800 образцах. В этих каталогах обобщены результаты изучения образцов на Кубанской, Дальневосточной и Адлерской опытных станциях, а также в ряде других сельскохозяйственных организациях. Основываясь на этих данных, можно подбирать материал по срокам созревания, по крупности и окраске семян, продуктивности, высоте растений, форме куста, высоте расположения первого боба, размеру листочков и ряду других признаков. Есть данные, позволяющие подбирать образцы для использования по кормовому направлению (сенному, силосному и зеленоукосному). Для создания сортов овощного направления можно привлекать сорта с наиболее крупными семенами (с массой 1000 семян больше 300 г). Мелкосемянные образцы (с массой 1000 семян до 70 г) могут быть интересны для получения овощных проростков или ферментированного продукта натто, а также для создания сортов зеленокормового направления.

Осуществлявшийся в течение многих десятилетий обмен образцами с американскими научными учреждениями привел к следующему результату: в США было отправлено около 1,5 тыс. образцов и столько же образцов было получено. Таким образом, дублирование материала в коллекциях США и в коллекции ВИР составляет около 3 тыс. образцов. Результаты изучения этих образцов, выполненные в США, находятся в свободном доступе на сайте <https://www.ars.usda.gov/> американского Департамента сельского хозяйства (USDA), что позволяет использовать эти данные для подбора материала в коллекции ВИР.

Большой интерес у селекционеров вызывают показатели биохимического состава семян. Исторически, как в народной селекции, так и в начальный период научной селекции, усилия направлялись на повышение содержания масла в семенах. В настоящее время внимание чаще уделяется повышению содержания белка. По данным каталогов можно выбрать образцы, имеющие высокие значения содержания белка. Но следует

учитывать, что биохимический состав семян сои в значительной степени зависит не только от генетических свойств образца, но и от условий выращивания, особенно от условий в период формирования семян. В результате анализа многолетних данных было показано, что в оптимальных условиях соя накапливает наибольшее количество масла в семенах. В менее благоприятных условиях масло накапливается в меньшем количестве, урожайность снижается, при этом процентная доля белка в семенах оказывается выше (Новикова и др., 2018). При изучении на южных опытных станциях в менее благоприятные условия попадают наиболее скороспелые и самые позднеспелые образцы, и во многих случаях они показывают более высокий процент белка в семенах и меньшее содержание масла.

При создании новых сортов важно учитывать признаки адаптивности и устойчивости к различным стрессорам. Источники этих свойств можно выявлять среди местных сортов и сортов раннего периода научной селекции, а также среди форм дикорастущей сои (*G. soja*). Такие образцы поступали в коллекцию ВИР с близких к центру происхождения культуры зон – из Китая и с территории Дальнего Востока. С самого начала формирования коллекции сои ВИР материал собирался в Дальневосточном регионе и привлекался из Китая (Сеферова, Вишнякова, 2014). В довоенный период в коллекцию были включены значительные наборы образцов из США и Японии. Из-за сбоя в пересевах, произошедшего в период Великой Отечественной войны, многие образцы потеряли всхожесть. Из 4 тысяч образцов, вписанных в каталог коллекции до 1941 г, в живом виде сохранилось 600 образцов. Потерявшие всхожесть образцы не числятся в основной коллекции, но для них сохраняются оригиналы (семена, полученные при первом поступлении образца в ВИР), и они могут быть использованы для молекулярно-генетических исследований.

Изменение климата, позволяющее расширять к северу зону возделывания сои, повысило интерес селекционеров к скороспелым сортам с низкой фотопериодической чувствительностью (ФПЧ). В результате многолетнего изучения образцов в условиях Северо-Западного региона на полях научно-производственной базы «Пушкинские и Павловские лаборатории ВИР» из коллекции выделен большой набор образцов, отвечающий этим требованиям (Сеферова, 2016; Сеферова, Вишнякова, 2018). При селекции сортов для более северных регионов с длинным световым днем необходимо учитывать генетические механизмы фотопериодической чувствительности сои (Федорина и др., 2022). В многолетнем фотопериодическом опыте в ВИР было выделено несколько десятков образцов с низкой ФПЧ.

Накопление многолетних данных и их обработка позволяет получать новые данные о реакции образцов сои на погодно-климатические условия. Были обобщены результаты изучения образцов в Краснодарском крае на Кубанской опытной станции – филиале ВИР и в Приморском крае на Дальневосточной опытной станции – филиале ВИР за период 1972–2017 гг. Показано, что изменение климата приводит в Краснодарском крае к усилению засушливости, что неблагоприятно для развития сои. В Приморском крае, напротив, повышение температур при сохранении достаточного увлажнения улучшает условия для выращивания этой культуры (Novikova, Bulakhandal., 2020).

Таким образом, на основе многолетнего изучения коллекция сои ВИР оценена по многим признакам, что позволяет эффективно подбирать материал для селекционного использования. Кроме того, представленность в коллекции материала со всего ареала возделывания культуры и присутствие образцов, охватывающих широкую амплитуду изменчивости признаков, позволяет ее использовать для различных научных исследований. Коллекция сои ВИР высоко востребована. За последние десятилетия по заявкам селекционных, научных и учебных организаций ежегодно рассылалось от 300 до 500 образцов сои.

ОЦЕНКА КОЛЛЕКЦИОННЫХ ОБРАЗЦОВ ФАСОЛИ ОВОЩНОЙ (*PHASEOLUS VULGARIS* L.) КАК ИСХОДНОГО МАТЕРИАЛА ДЛЯ СЕЛЕКЦИИ

А.М. Смирнова, А.А. Антошкин, В.А. Ушаков

Федеральный научный центр овощеводства, Московская область, Россия,
annasmirnova28@yandex.ru

EVALUATION OF GREEN BEAN (*PHASEOLUS VULGARIS* L.) ACCESSIONS AS A SOURCE OF MATERIAL FOR BREEDING

A.M. Smirnova, A.A. Antoshkin, V.A. Ushakov

Federal Scientific Vegetable Center, Moscow Province, Russia,
annasmirnova28@yandex.ru

Важнейшим этапом в селекционной работе является оценка сортов по основным хозяйственно ценным признакам для включения в селекционный процесс по созданию новых конкурентоспособных сортов. В связи с увеличением спроса в РФ на фасоль овощную, в Федеральном научном центре овощеводства усилена работа по созданию новых сортов со стабильно высокой урожайностью и качеством товарной продукции, устойчивостью к биотическим и абиотическим стрессорам, пригодностью для механизированной уборки с использованием межсортовой и межвидовой гибридизации.

Исследования проводили на 186 коллекционных образцах фасоли как отечественной (коллекции ВИР, ФНЦО), так и зарубежной селекции в 2018–2021 годах на полях ФГБНУ «Федеральный научный центр овощеводства» (п. ВНИИССОК, Московская область). Для достижения поставленной цели нами были изучены следующие показатели: продолжительность вегетативного периода и отдельные фенологические фазы, морфологические признаки, элементы продуктивности и урожайность фасоли овощной. Полученные данные позволили описать динамику роста и развития растений фасоли, выявить различия по группам спелости и, конечно, структурировать урожай.

Растениям фасоли присущ детерминантный и индетерминантный характер роста, в связи с чем выделяют следующие типы куста: вьющийся, полувьющийся, с завивающейся верхушкой, полукустовой и кустовой. «Высота растения» (длина стебля) зависит от генотипа, а также от условий его возделывания. В коллекционном питомнике (КП) оценивали сортообразцы фасоли с различным типом куста: вьющиеся – 10 шт, полувьющиеся – 12 шт., с завивающейся верхушкой – 9 шт, кустовые – 155 шт. В настоящее время в промышленных технологиях возделывания фасоли, как правило, используются кустовые формы и особенно ценны формы с высоким прикреплением нижнего боба, позволяющие максимально механизировать уборку фасоли. Таким образом, в гибридизацию вовлекаются «кустовые» сорта. В зависимости от формы боба в поперечном сечении, наличия пергаментного слоя в створках и волокон в шве, сорта фасоли подразделяют на: сахарные, универсальные и луцильные. Сахарные сорта, имеющие мясистые бобы округлой формы, без пергаментного слоя в створках бобов и без волокон в швах, пользуются большим спросом. В универсальных сортах возможно присутствие незначительного количества волокон в створках бобов при переходе к биологической спелости. Бобы луцильного типа фасоли отличаются наличием пергаментного слоя, либо волокна в бобах. В коллекционном питомнике фасоли имеются образцы с различными типами боба: спаржевый – 86 сортообразцов, луцильный – 75 сортообразцов, универсальный – 25 сортообразцов. Для фасоли спаржевого и универсального типов, где в пищу используются главным образом лопатки, важную роль играют признаки, связанные с характеристиками боба. Одним из таких признаков является окраска бобов и ее интенсивность. В коллекции представлены образцы с тремя типами окраски: зеленый – 148 сортообразцов, желтый – 32 сортообразца, фиолетовый –

6 сортообразцов. Выделены 6 перспективных сортообразцов с темно-зеленой окраской. В селекционный процесс нами вовлекаются образцы с зеленой, темно-зеленой и желтой окраской бобов. Исходные формы для проведения гибридизации зависят от составленной селекционной программы (схемы скрещиваний), стоящих перед нами задач. Продолжительность вегетационного периода является одним из основных биологических признаков, который определяет возможности получения высокого урожая в конкретных климатических условиях и своевременную его уборку.

В результате проведенной работы выделены 23 перспективных образца фасоли овощной как источники при гибридизации на получение скороспелых и урожайных форм. Сортообразцы фасоли в КП распределены по четырем группам спелости: скороспелые (46–52 дня) – 11 сортообразцов, среднеранние (53–57 дней) – 6 сортообразцов, среднеспелые (58–63 дня) – 4 сортообразца, среднепоздние (64–72 дня) – 2 сортообразца. Большинство образцов относится к группам скороспелые и среднеранние, которые наиболее пригодны для возделывания в условиях Московской области. Самый короткий вегетационный период отмечен у сортов ‘Секунда’, ‘Fendereble’ (США), ‘Рубин’, ‘WL-14’ (Франция), ‘Мулатка’, «образец из Ставрополя»; а наиболее продолжительный – у сортов ‘Ajax’ (Нидерланды), ‘Minidor’ (Венгрия). Высота прикрепления нижнего боба является важным показателем, характеризующим сортообразцы на пригодность к механизированной уборке. У сортообразцов она варьирует от 10 до 17 см, но в целом преобладают значения выше 12 см, что приемлемо для механизированной уборки урожая. По этому признаку выделены: ‘Cade 128’ (Нидерланды), ‘Emerald Green’, «образец из Ставрополя», «образец из Китая». Источниками элементов продуктивности (высокое «число бобов на растении») могут служить образцы: ‘Славянка’, ‘WL-14’ (Франция), ‘Мулатка’, «образец из Ставрополя», ‘Raider’ (США), ‘Западная Сибирь’, ‘Dilano’. Высокая «масса одного боба» (8 г и более) у образцов: ‘Рубин’, «образец из Китая», ‘Emerald Green’. «Масса 1000 семян» это важный хозяйственный и относительно стабильный признак, который в зависимости от образца варьировал от 290 г (‘Славянка’) до 543 г («образец из Ставрополя»). По урожайности бобов выделились сортообразцы: «образец из Ставрополя» (улучшенный) и «образец из Ставрополя» (26,9 и 21,3 т/га, соответственно). Также выделены образцы ‘Raider’ (США) и ‘Западная Сибирь’, имеющие высокие показатели урожайности бобов (24,8 и 22,2 т/га соответственно), наибольшее число бобов на растении (14–15 шт.). Недостатком этих образцов является невысокое прикрепление нижнего боба (10–12 см). По результатам проведенной балльной оценки по степени устойчивости к изучаемым болезням в коллекционном питомнике, наибольшим распространением и вредоносностью отличались бурый, угловатый бактериозы и фузариоз. Наибольшую практическую ценность для селекции среди изученных образцов представляют источники с групповой устойчивостью к нескольким заболеваниям, вызываемым разными видами возбудителей. Проведенная в течение 2018–2021 годов оценка на естественном провокационном инфекционном фоне позволила выделить образцы, толерантные к вирусной, бактериальной и грибной инфекциям, которые включены в гибридизацию: ‘Cade-128’, ‘Dilano’, ‘Рубин’, ‘WL-14’, ‘Афина’, ‘Мулатка’, ‘Западная Сибирь’.

По результатам проведенной оценки коллекционных образцов фасоли овощной выделенные сортообразцы включены в программу гибридизации в качестве исходных форм по созданию сортов, отвечающих требованиям перерабатывающей промышленности. Получены формы с групповой устойчивостью к нескольким заболеваниям: F₃ Рубин × Росинка, F₃ Рубин × Солнышко. Также получены формы с высоким показателем «число бобов на растении»: F₂ Fendereble × Росинка, F₂ Minidor × Brilliant. Многоплановая ежегодная работа в коллекционном питомнике фасоли овощной позволяет селекционеру грамотно формировать эффективную селекционную работу по комплексу признаков.

ОЦЕНКА ТВЕРДОСЕМЯННОСТИ ДОННИКА (*MELILOTUS* (L.) MILL.) ИЗ КОЛЛЕКЦИИ ВИР В ЗАВИСИМОСТИ ОТ РЯДА ФАКТОРОВ

Г.И. Филипенко*, О.Н. Забегаяева, О.В. Дук, Е.А. Дзюбенко, Л.Л. Малышев
Федеральный исследовательский центр Всероссийский институт генетических ресурсов растений имени Н.И. Вавилова, Санкт-Петербург, Россия, *g.filipenko@vir.nw.ru

EVALUATION OF SEED HARDNESS IN MELILOT (*MELILOTUS* (L.) MILL.) FROM THE VIR COLLECTION DEPENDING ON A NUMBER OF FACTORS

G.I. Filipenko*, O.N. Zabegaeva, O.V. Duk, E.A. Dzyubenko, L.L. Malyshev
N.I. Vavilov All-Russian Institute of Plant Genetic Resources, St. Petersburg, Russia,
*g.filipenko@vir.nw.ru

Для семян представителей сем. Fabaceae характерна твердосемянность – физический тип покоя, связанный с водонепроницаемостью семенных покровов. Не является исключением и род *Melilotus* (L.) Mill. (донник). Существует мнение, что твердосемянность свойственна главным образом дикорастущим образцам и возникает при выращивании семян в засушливых условиях. Оценка влияния различных факторов на показатель твердосемянности, учитываемый при определении всхожести донника, позволит подобрать наиболее подходящее место для выращивания коллекционных образцов этой культуры, а также расширит представления об ее физиологических особенностях.

В настоящее время в коллекции ВИР насчитывается 1538 образцов разных видов донника. В лаборатории длительного хранения генофонда растений (ЛДХГР) в соответствии с ГОСТ 12038-84 была проведена оценка энергии прорастания и всхожести семян 263 образцов донника, относящихся к 9 видам и выращенных в разных местах в разные годы. Возраст семян составлял от 2 до 12 лет. Семена хранились в лабораторных неконтролируемых (комнатных) условиях. Для оценки влияния различных факторов (видовой принадлежности, статуса образца, места репродукции) на показатели качества семян коллекции использовали программу Statistica 10.

В соответствии с ГОСТ 12038-84 при определении всхожести суммируется число нормальных проростков с числом твердых семян, которые не набухли и не проросли, но и не загнили за время, отведенное для определения всхожести. Для более тонкой оценки в данной работе суммирование не проводилось, рассматривалось влияние различных факторов отдельно на число нормальных проростков и отдельно на твердосемянность. Семена различных видов донника проявили разные показатели энергии прорастания, числа нормальных проростков и твердосемянности. Среднее значение энергии прорастания для всех изученных образцов составляло $21,3 \pm 1,98\%$, числа нормальных проростков – $23,7 \pm 1,94\%$, твердосемянности – $55,6 \pm 2,36\%$. У большей части образцов твердосемянность лежала в пределах от 40 до 80%. У 31 образца была выше 80%, у 14 – ниже 20%. Все образцы с низкой твердосемянностью относились к дикорастущим. Таким образом, слабая твердосемянность может быть выявлена даже у дикорастущих образцов разного видового происхождения.

Исследовалось влияние статуса образца на качество семян. Наибольшее число нормальных проростков проявилось у селекционных сортов ($X = 31,1 \pm 4,65\%$), наименьшее – у линий и гибридов ($X = 16,7 \pm 15,42\%$). Максимальные показатели по энергии прорастания аналогично проявились у селекционных сортов, а минимальные – у селекционного материала. Изменчивость по числу нормальных проростков была высокой у линий и гибридов ($CV = 88,2\%$) и дикорастущих образцов ($CV = 71,4\%$), средней – у селекционных ($CV = 46,2\%$) и местных сортов ($CV = 45,2\%$). Селекционный статус оказал достоверное влияние на энергию прорастания семян и число нормальных

проростков у донника. ($p = 0,01$). Наибольшая твердосемянность была выявлена у местных сортов ($X = 58,8 \pm 24,10\%$), а наименьшая – у селекционных сортов ($X = 52,9 \pm 5,22\%$); различия между группами невелики. Изменчивость признака твердосемянности средняя: от $CV = 30,4\%$ у селекционных сортов до $CV = 39,9\%$ у линий и гибридов. Достоверного влияния статуса образца на твердосемянность не обнаружено.

Параметры изменчивости признаков качества семян донника достоверно зависели от места репродукции образца ($p = 0,01$). Наилучшими показателями числа нормальных проростков характеризовались образцы, репродуцированные в условиях полива в Китайской Народной Республике (провинция Шэньси, г. Тайюань) ($X = 30,2 \pm 2,03\%$). Далее следовали оригинальные образцы ($X = 22,9 \pm 20,21\%$). Среднее число нормальных проростков в образцах Волгоградской и Устимовской опытных станций ВИР составило $13,8 \pm 3,20\%$ и $13,7 \pm 11,42\%$ соответственно, а в образцах Кубанской и Майкопской опытных станций ВИР менее 10%. Самым низким оказалось число нормальных проростков в образцах Екатерининской опытной станции ВИР ($X = 4,8 \pm 3,87\%$). Коэффициент вариации числа нормальных проростков у донника был очень высоким у оригиналов ($CV = 114,8\%$), у образцов семян Устимовской опытной станции ВИР ($CV = 108,7\%$), Майкопской опытной станции ВИР ($CV = 108,7\%$) и высоким у Кубанской опытной станции ВИР ($CV = 82,7\%$), Волгоградской опытной станции ВИР ($CV = 72,6\%$), Екатерининской опытной станции ВИР ($CV = 56,6\%$). Для семян из Китая колебания признака были низкими ($CV = 44,7\%$).

Энергия прорастания семян была низкой во всех вариантах размножения на станциях ВИР и убывала в такой же последовательности, как и число нормальных проростков; наибольшая энергия прорастания была у семян из КНР ($X = 28,1 \pm 2,05\%$). Средняя твердосемянность оригинальных образцов, собранных в природе или полученных от оригинатора сорта, в коллекции донника ВИР составила $50,6 \pm 27,58\%$. Максимальная твердосемянность проявилась у группы образцов при размножении в условиях лесостепи без полива на Устимовской опытной станции ВИР ($X = 74,9 \pm 13,19\%$). На Волгоградской и Екатерининской станциях ВИР средние значения твердосемянности донника составляли $61,3 \pm 20,69\%$ и $61,2 \pm 20,69\%$ соответственно. Самой низкой была твердосемянность образцов, репродуцированных на Майкопской опытной станции ВИР в относительно влажном климате Адыгеи ($X = 48,9 \pm 11,26\%$) и в Китае, где донник размножался на поливе ($54,9 \pm 2,47\%$). При этом коэффициент вариации значения твердосемянности у донника был наименьшим для семян Устимовской опытной станции ВИР ($CV = 22,9\%$), наибольшим для оригинальных семян ($CV = 71,0\%$) и семян репродукций Майкопской опытной станции ВИР ($CV = 51,9\%$). Степень варьирования признака имела промежуточные значения для семян Кубанской опытной станции ВИР ($CV = 43,0\%$), Волгоградской опытной станции ВИР ($CV = 32,2\%$), семян из КНР ($CV = 29,9\%$), Екатерининской опытной станции ВИР ($CV = 27,5\%$).

Несмотря на значительный процент твердых семян в урожае (более 60%), целесообразно размножать донник в условиях Волгоградской опытной станции ВИР, где всхожесть с учетом твердых семян отвечает требованиям по всхожести при закладке семян на длительное хранение в Генбанк ВИР.

ОЦЕНКА ХОЛОДОСТОЙКОСТИ ОБРАЗЦОВ ВИДОВ РОДА *VIGNA SAVY* ПО ПРОРАСТАНИЮ ПЫЛЬЦЫ ПРИ НИЗКОЙ ТЕМПЕРАТУРЕ *IN VITRO*

Ю.В. Фотев^{1,2*}, И.С. Ломако¹, Л.Х. Юнисова¹

¹ Центральный сибирский ботанический сад Сибирского отделения Российской академии наук, Новосибирск, Россия, *fotev_2009@mail.ru

² Новосибирский государственный аграрный университет, Новосибирск, Россия

EVALUATION OF COLD RESISTANCE IN ACCESSIONS OF *VIGNA SAVY* SPECIES BY POLLEN *IN VITRO* GERMINATION AT A LOW TEMPERATURE

Y.V. Fotev^{1,2*}, I.S. Lomako², L.H. Yunisova²

¹ Central Siberian Botanical Garden, Novosibirsk, Russia, *fotev_2009@mail.ru

² Novosibirsk State Agrarian University, Novosibirsk, Russia

Значительная часть видов семейства Fabaceae, представленная важными зернобобовыми и овощными культурами, происходит из тропических регионов мира и отличается высокой чувствительностью к низкой температуре в период выращивания. Понижения температуры в летний период ниже 18–20°C способны вызвать существенную задержку роста и развития растений. Особая биохимическая ценность этих культур и актуальность расширения регионов выращивания ставит задачу исследования их генетического разнообразия в направлении поиска и селекционного использования более холодостойких форм. Есть данные, что различия между образцами коровьего гороха (*Vigna unguiculata*) при пониженной температуре прорастания семян (6–14°C) выше, чем при высокой, 40–44°C (Craufurdetal, 1996), при этом оптимальными температурами для культуры оказался диапазон от 30 до 35°C (Barrosetalal, 2020).

Зрелая пыльца у теплолюбивых растений наиболее чувствительна к низкотемпературному стрессу (Zouetal, 2010). При этом, температура 6–10°C, вероятно, является биологическим нулем для роста и развития многих теплолюбивых культур. На томате получены результаты об эффективности оценки ростовой реакции пыльцы при низкой температуре по сравнению с исследованием холодостойкости взрослого растения (Виноградова, 1988). Предложен способ оценки жизнеспособности пыльцы спаржевой вигны на растворе синтетического осмотика полиэтиленгликоля с молекулярной массой 6000 (ПЭГ 6000) вместо обычно используемой сахарозы (Фотев, Белоусова, 2013).

Для исследования холодостойкости по ростовой реакции пыльцы *in vitro* использовали образцы видов рода *Vigna Savy*: спаржевой вигны и коровьего гороха (*V. unguiculata*), маша (*V. radiata*), урда (*V. mungo*) и адзуки (*V. angularis*) из генетической коллекции ФГБНУ «Федеральный исследовательский центр Всероссийский институт генетических ресурсов растений имени Н.И. Вавилова (ВИР)» и «Коллекции живых растений в открытом и закрытом грунте» УНУ № USU 440534 Центрального сибирского ботанического сада СО РАН (ЦСБС СО РАН), растения которых выращивали в условиях пленочной необогреваемой теплицы ЦСБС СО РАН, г. Новосибирск (54°49'33" с. ш. 83°06'34" в. д.) из семян, репродуцированных ранее в этих же условиях. Исследование проводили в вегетационный период 2022 г. В качестве среды для проращивания пыльцы *in vitro* использовали 15-процентный раствор полиэтиленгликоля с молекулярной массой 6000 (ПЭГ6000) производства PanReas AppliChem (EU) с добавлением борной кислоты (0,006%) производства PanReas AppliChem (Ph. Eur., pure, фарм.), приготовленный на дистиллированной воде. Прорастание пыльцы учитывали при температурах 6°C и 10°C в течение 24 ч, помещая ее на капли раствора на предметных стеклах, размещенных на увлажненной фильтровальной бумаге в стеклянных чашках Петри. В качестве контроля проращивали пыльцу на такой же среде при температуре 25°C в течение 3 ч.

Холодостойкость оценивали по отношению показателя прорастания пыльцы при температуре 10°C и 6°C к аналогичному показателю при 25°C и выражали в процентах (LTR₁₀ и LTR₆ соответственно). Просмотр проводили не менее чем в 10 полях зрения при помощи микроскопа ZEISS Primo Star при увеличении $\times 100$. Пыльцевое зерно считали проросшим при достижении пыльцевой трубкой длины, составляющей не менее двух диаметров пыльцевого зерна. Статистическая обработка включала определение выборочной средней и стандартной ошибки выборочной средней ($M \pm SEMean$), коэффициента вариации (Cv) при помощи статистического пакета Statistica 7.0.

Проращивание пыльцы видов рода *Vigna in vitro* на растворе ПЭГ 6000 при низкой температуре показало значительные различия в ее ростовой реакции (таблица).

Таблица. Прорастание пыльцы видов рода *Vigna* Savy на 15-процентном растворе ПЭГ 6000 при температурных режимах 6°C и 10°C в течение 24 ч

Вид	Образец	Проросло пыльцы в режиме				
		25°C /3 ч (контроль)	10°C/24 ч	6°C/24 ч	LTR ₁₀ *	LTR ₆ *
		в %				
<i>V. unguiculata</i> subsp. <i>sesquipedalis</i>	Сибирский размер	34,0 $\pm$ 2,9	27,2 $\pm$ 2,2	10,7 $\pm$ 1,2	80	31
	Юньнаньская	40,0 $\pm$ 4,9	13,1 $\pm$ 3,3	3,5 $\pm$ 1,6	33	9
	Lulin Seed Vigna	54,9 $\pm$ 2,1	19,0 $\pm$ 3,3	2,3 $\pm$ 1,5	35	4
	Графиня	35,8 $\pm$ 3,3	12,2 $\pm$ 1,0	0,9 $\pm$ 0,6	34	2,5
<i>V. unguiculata</i> subsp. <i>unguiculata</i>	Zinder	39,2 $\pm$ 3,9	29,7 $\pm$ 2,1	33,6 $\pm$ 3,0	76	86
<i>V. angularis</i>	f.506	27,6 $\pm$ 4,7	28,2 $\pm$ 4,2	0	102	0
<i>V. angularis</i>	к-13	9,6 $\pm$ 3,4	—	0	—	0
<i>V. angularis</i>	к-1388	23,6 $\pm$ 5,5	28,3 $\pm$ 5,9	7,1 $\pm$ 2,6	120	30
<i>V. mungo</i>	к-11745	36,4 $\pm$ 5,4	44,2 $\pm$ 7,3	7,1 $\pm$ 2,9	121	19
<i>V. mungo</i>	к-14450	54,2 $\pm$ 3,6	37,1 $\pm$ 2,0	3,2 $\pm$ 1,5	68	6
<i>V. radiata</i>	к-10977	24,8 $\pm$ 1,9	—	0	—	0

* LTR₁₀ и LTR₆ – показатели холодостойкости в виде отношения показателя прорастания пыльцы при температуре 10 и 6°C соответственно к аналогичному показателю при 25°C, %

Самая высокая холодостойкость по прорастанию пыльцы среди образцов *V. unguiculata* отмечена у сорта ‘Сибирский размер’ и сортообразца ‘Zinder’ (10,7 и 33,6% соответственно). Образцы *V. angularis* и *V. mungo* имели довольно высокий показатель прорастания пыльцы и холодостойкости при температуре 10°C, но при 6°C этот показатель не превышал 3–7%. У образца *V. angularis* к-1388 показатель холодостойкости составил 30%, однако абсолютный показатель холодостойкости был низким – 7,1%. Пыльца образца маша *V. radiata* (к-10977) не проросла при 6°C. Изменчивость показателя прорастания пыльцы (Cv) образцов при температуре 6°C оказалась почти в 4 раза больше аналогичного показателя при температуре 10°C (Cv = 156 против 40). Таким образом, дифференцирующей температурой для оценки и отбора более холодостойких образцов видов семейства Fabaceae по прорастанию пыльцы *in vitro* следует считать температурный режим 6°C/24 ч при котором достигаются его наибольшие различия, а также показатель LTR₆. Холодостойкими сортами – стандартами среди форм *V. unguiculata* являются сорт ‘Сибирский размер’ и сортообразец ‘Zinder’.

ОЦЕНКА ОСНОВНЫХ ХОЗЯЙСТВЕННО ПОЛЕЗНЫХ ПРИЗНАКОВ КЛЕВЕРА ЛУГОВОГО В УСЛОВИЯХ САХАЛИНА

В.А. Чувиллина

Сахалинский научно-исследовательский институт сельского хозяйства, Южно-Сахалинск,
Россия, solovushka.06@mail.ru

ASSESSMENT OF THE MAIN ECONOMICALLY USEFUL TRAITS OF RED CLOVER UNDER THE CONDITIONS OF SAKHALIN

V.A. Chuvilina

Sakhalin Research Institute of Agriculture, Yuzhno-Sakhalinsk, Russia, solovushka.06@mail.ru

Современная селекция направлена на усиление адаптивных возможностей видов кормовых культур с учетом почвенно-климатического потенциала территории. Сорта нового поколения должны быть пластичными, высокопродуктивными, с повышенной кормовой ценностью и экологической устойчивостью к лимитирующим факторам внешней среды.

Клевер луговой (*Trifolium pratense* L.) является одной из ведущих и наиболее широко распространенных кормовых культур среди многолетних бобовых трав, возделываемых в сложных природно-климатических условиях. Он играет важнейшую роль в решении проблем устойчивого развития полевого и лугового кормопроизводства, биологизации земледелия, воспроизводства почвенного плодородия; характеризуется высоким потенциалом продуктивности и биологической пластичности, снижает дефицит белкового компонента в кормах; отличается разнообразием использования кормовой массы, относительно низкой себестоимостью возделывания на корм и семена.

Специфические почвенно-климатические условия острова Сахалин и доказанное практикой преимущество использования исходного дикорастущего материала, адаптированного к местным агроэкологическим условиям, вызвали необходимость проведения селекционной работы с целью создания новых сортов.

Своеобразие экологических факторов (климатических, орографических, эдафических) оказало существенное воздействие на процесс естественного отбора, в результате которого сформировался уникальный генофонд дикорастущих популяций кормовых трав, обладающих широкой экологической пластичностью, долголетием, зимостойкостью, скороспелостью, устойчивостью к болезням и вредителям, высокой и стабильной продуктивностью кормовой массы и семян. Дикие и одичавшие виды кормовых трав Сахалина являются ценным исходным материалом для селекционной работы в качестве генетических источников хозяйственно полезных признаков.

Trifolium pratense в природных условиях острова Сахалин представлен многочисленными формами и экотипами, разнообразие которых проявляется как в морфологических признаках (форме и структуре куста, числе междоузлий, степени опушенности и окраске стеблей, листьев, соцветий, форме и размере листьев и соцветий (с 2-мя и 3-мя сросшимися головками), так и биологических свойствах (темпах роста и развития растений, мощности отрастания, урожайности кормовой массы, семенной продуктивности, биохимической разнокачественности в пределах вида).

В ФГБНУ СахНИИСХ в результате многократного индивидуального отбора созданы три селекционных номера клевера лугового (СН-ПО/1, СН-ПО/2, СН-ПО/9) раннеспелого (двухукосного) типа, характеризующиеся стабильным комплексом признаков: высокой продуктивностью, облиственностью, отавностью, хорошим качеством кормовой массы, долголетием, широкими листьями и крупными головками.

Оценку селекционных номеров клевера лугового проводили в питомниках контрольном, предварительного сортоиспытания и размножения на лугово-дерновой старопахотной почве.

Укосная спелость (фаза бутонизации) селекционных номеров наступала на 10–14 дней раньше стандарта сорта 'Приморский 14' (через 65–70 дней после начала весеннего отрастания растений и в зависимости от погодных условий года исследований). Отмечена высокая интенсивность отрастания растений селекционных номеров в начальный период вегетации (8,5–9 баллов): за 30 дней они превысили рост растений стандарта на 2,2–4,2 см. Второй (отавный) укос получен только у селекционных номеров, при этом их высота была выше растений стандарта в 2,2 раза.

В питомнике предварительного сортоиспытания кормовая продуктивность СН-ПО/1, СН-ПО/2, СН-ПО/9 двухукосного клевера лугового также была выше стандартного одноукосного сорта 'Приморский 14' на 30–80% в зависимости от показателя. Сбор с 1 га в сумме за два укоса варьировал в пределах 75,4–90,4 т зеленой массы, 11,8–15,0 т сухого вещества, 1,77–2,31 т сырого протеина и 124–156 ГДж обменной энергии.

Кормовая масса селекционных номеров имела высокие показатели энергетической и протеиновой питательности. Количество обменной энергии в 1 кг СВ кормовой массы основного укоса находилось на уровне 10,02–11,20 МДж; содержание кормовых единиц – в пределах 0,84–0,86; обеспеченность 1 к.ед. сырым протеином – 158–194 г, переваримым – 111–142 г, что также превышало показатели стандартного сорта.

Коэффициенты адаптивности (K_a) селекционных номеров колебались от 1,10 до 1,37, превышали стандарт на 0,31–0,58 единиц, что указывает на высокую экологическую устойчивость.

Селекционные номера клевера лугового обладают продуктивным долголетием и в течение 7 лет способны производить за два укоса от 52 до 127 т/га кормовой массы и формировать от 0,3 до 5,5 ц/га полноценных семян в зависимости от года пользования травостоем.

В питомнике размножения СН-ПО/2 клевера лугового (лучшего по генотипу из трех селекционных номеров) в сумме за два укоса за 122 дня вегетации получено: зеленой массы – 165 т, сухого вещества – 23,6, сырого протеина – 3,74, кормовых единиц – 20,6 т и обменной энергии – 248 ГДж; 0,92 ц/га высококачественных семян. Травостой характеризовался хорошей облиственностью в фазу бутонизации (48,5%) и высокой – во втором (отавном) укосе (73,6%). На долю II укоса в кормовой продуктивности клевера лугового приходится 45–47% в зависимости от показателя. Второй (отавный) укос селекционных номеров клевера лугового раннеспелого биотипа можно использовать как на кормовую массу с высокими показателями качества, так и для получения полноценных семян.

Таким образом, результаты оценки селекционных номеров клевера лугового в условиях муссонного климата Сахалина подтверждают перспективность их дальнейшей селекции с целью создания адаптивных сортов, которые с успехом можно использовать для получения высокопродуктивной кормовой массы, а также возделывать на семенные цели. Селекционные номера имеют устойчивые генотипы с комплексом хозяйственно ценных признаков.

СЕЛЕКЦИЯ ЭСПАРЦЕТА – ИТОГИ И ПЕРСПЕКТИВЫ

В.В. Чумакова*, Н.С. Лебедева, С.А. Сухарев

Северо-Кавказский федеральный научный аграрный центр, Михайловск, Россия,

*v.chumakova@fnac.center

SAINFOIN BREEDING: RESULTS AND PROSPECTS

V.V. Chumakova*, N.S. Lebedeva, S.A. Sukharev

North Caucasus Federal Scientific Agrarian Center, Mikhailovsk, Russia,

*v.chumakova@fnac.center

В увеличении производства высокобелковых кормов большое значение имеет многолетняя бобовая культура – эспарцет. Эспарцет дает самый ранний, хорошо поедаемый высокобелковый корм. Культура может использоваться на зеленую массу, сено, травяную муку и выпас (в смеси с другими бобовыми и злаковыми травами). По содержанию переваримого протеина он не уступает другим многолетним бобовым травам, а по питательной ценности даже превосходит их. Эспарцет прекрасный медонос. Он обеспечивает сбор целебного меда до 150 кг/га. Некоторые виды эспарцета обладают лечебными свойствами. Эспарцет не требователен к плодородию почвы, очень важно агротехническое значение эспарцета как одного из лучших предшественников под озимую пшеницу и другие культуры, так как среди бобовых культур он является наиболее активным азотонакопителем. Эспарцет является одним из важных компонентов в травосмесях, с успехом высевается в почвозащитных севооборотах, при залужении склоновых и эродированных земель. Это преимущественно степное растение, но успешно может расти и на лугах, полянах, опушках, в разреженных лесах. Встречается в местообитаниях с разными почвами, но предпочитает нейтральную реакцию среды (Карашук, 1978).

Известно более 150 видов эспарцета, произрастающих в средней и южной части Европы, в Северной Африке и в Азии. Центром видового разнообразия эспарцета признан Кавказ, где встречается около 30 видов из 60 известных в России. Закавказье признано первичным регионом введения эспарцета в культуру, где его выращивали с X века. Впервые испытание эспарцета было проведено на Украине в середине XIX века, куда он был привезен из Франции (Медведев, Сметанникова, 1981). В России на сегодня в культуру введено всего 4 вида: эспарцет виколистный, песчаный, закавказский и эспарцет высочайший, но последний вид, по литературным данным (Лубенец, 1971; Коломейчинко, 2007; Джамбулатов и др., 2008), следует присоединить к предыдущему.

В Государственной реестр селекционных достижений РФ внесено в настоящее время 28 сортов эспарцета различной селекции. Только 10 сортов имеют правовую защиту. Для использования в сельскохозяйственном производстве Северо-Кавказского региона допущено 15 сортов. В Госреестре селекционных достижений РФ сохраняются старые российские сорта, районированные в 40–50 гг. прошлого столетия, за последние три года в Госреестр внесены только 3 новых сорта.

Создание более продуктивных и совершенных сортов является неотъемлемой частью в системе мероприятий, направленных на увеличение производства высокобелковых кормов. Успех селекционной работы определяется генетическим разнообразием и степенью изученности исходного материала, применением современных эффективных методов селекции. Для эспарцета такими методами являются межсортовая и межвидовая гибридизация, экспериментальный мутагенез, создание синтетических сортов-популяций, многократный, индивидуальный и другие способы отбора. Селекция на повышение продуктивности эспарцета имеет первостепенное значение. При селекции эспарцета уделяется большое внимание зимостойкости как одному из важных факторов

надежности культуры и урожайности. В условиях Северного Кавказа с типичными бесснежными зимами и резкими колебаниями температуры воздуха в осенне-зимне-весенние периоды, решающим фактором перезимовки является морозостойкость растений, их способность противостоять губительному действию сильных морозов, многократным и резким перепадам температур. Одним из важных показателей в селекции культуры является устойчивость к болезням.

Селекционная работа с эспарцетом в ФГБНУ «Северо-Кавказский ФНАЦ» (ранее Ставропольский НИИСХ) началась с конца 60-х годов прошлого столетия. На первом этапе была изучена мировая коллекция ВИР, включающая 296 образцов 24 видов эспарцета. Их них 61 сорт, 191 – дикорастущие и 44 – местные образцы. Из зарубежья было привлечено 40 образцов, 256 были отечественного происхождения. Наибольшее количество образцов относилось к эспарцету закавказскому (111), виколистному (63), песчаному (54), донскому (13), невооруженному (14). Среди изученных видов и сортообразцов наибольший интерес представлял эспарцет донской. Для использования в селекции были выделены также ценные генотипы, превышающие показатели стандартных сортов (эспарцет кавказский ‘Северокавказский двуукосный’ и песчаный ‘Песчаный 1251’) по урожайности кормовой массы и семян на 20–22%: эспарцета виколистного из Франции к-32088, Польши к-11217; песчаного из Полтавы к-29624, из Курской области к-10113, из Башкирии к-28263; влагищного дикорастущего из Армении к-28634 (Воронкова, 1984). Перспективный исходный материал на всех этапах селекционного процесса подвергался внутривидовой и межвидовой гибридизации, инцухтированию, различным видам отбора на естественном и искусственном фонах. Были установлены корреляционные связи между продуктивностью и высотой, облиственностью, поражаемостью ржавчиной, мучнистой росой, рамуляриозом, энергией весеннего и послеукосного отрастания растений. Одним из эффективных методов создания нового исходного материала были признаны метод поликроссного скрещивания подобранных видов и сортообразцов и ищухт-метод.

В 2013 году в Госреестр селекционных достижений РФ был внесен первый сорт ставропольской селекции эспарцет виколистный ‘Русич’. С 2021 года этот сорт допущен к использованию в республике Казахстан. Сорт сенокосно-пастбищного типа использования, характеризуется интенсивным отрастанием весной, дает в богарных условиях 1-2 полных укоса. Урожайность зеленой массы составляет 470, сухой – 118, семян – 11,5 ц/га. С 2017 года к использованию в Средневолжском регионе допущен новый сорт эспарцета песчаного ‘Василий’. Сорт отличается высокой облиственностью, толерантностью к болезням, засухоустойчивостью и зимо-морозостойкостью. Новый сорт эспарцета закавказского ‘Кравцов’ внесен в Госреестр селекционных достижений РФ в 2021 году с допуском использования во всех регионах страны. Сорт отличают высокая устойчивость к засухе, скороспелость, облиственность, продуктивность, качество кормовой массы. При создании сортов использован метод поликроссного скрещивания дикорастущих местных и инорайонных сортообразцов с последующим многократным отбором.

В настоящее время в коллекционном питомнике посева 2022 года изучается 50 образцов эспарцета мировой коллекции ВИР и 26 сортообразцов из ФГБНУ «Федеральный научный аграрный центр Донской», в том числе 17 синтетических сортов. Питомник включает 14 образцов эспарцета виколистного, 4 – донского, 15 – закавказского, 11 – песчаного, по 1-2 образца – горного, грациозного, Бунге, грузинского, невооруженного, скального, яйлинского, лучистого и кахетинского. В условиях первого года жизни растений дана оценка полевой всхожести, роста и развития растений, их облиственности и устойчивости к ржавчине и мучнистой росе. В питомнике индивидуально-семейственного отбора посева 2019 г. изучено 84 образца четырех видов эспарцета. Выделены для дальнейшего использования в селекционном процессе по урожайности зеленой массы 24 образца, сухой массы – 18, семян – 14, высоте травостоя –

24 образца. В 2021–2022 гг. в питомниках поликросса эспарцета виколистного, закавказского и песчаного в различных вариантах скрещивания получены новые сложногобридные популяции, которые переданы на изучение общей комбинационной способности и оценку по основным хозяйственно ценным признакам в селекционный и контрольный питомники. В конкурсном сортоиспытании за 2021–2022 гг. выделены два перспективных сортообразца эспарцета песчаного для передачи на государственное сортоиспытание.

СОВРЕМЕННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ В АНАЛИЗЕ РАЗВИТИЯ ЭФФЕКТИВНОЙ РАСТИТЕЛЬНО-МИКРОБНОЙ СИСТЕМЫ: “*MEDICAGO LUPULINA* С *RHIZOPHAGUS IRREGULARIS*”

А.П. Юрков^{1*}, А.А. Крюков¹, Р.К. Пузанский², А.О. Горбунова¹, Т.Р. Кудряшова^{1,3}, А.И. Ковальчук³, Ю.В. Михайлова², П.М. Журбенко², А.В. Родионов², М.Ф. Шишова⁴

¹Всероссийский научно-исследовательский институт сельскохозяйственной микробиологии, Санкт-Петербург, Россия, *yurkovandrey@yandex.ru

²Ботанический институт имени В.Л. Комарова Российской академии наук, Санкт-Петербург, Россия

³Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого, Санкт-Петербург, Россия

⁴Санкт-Петербургский государственный университет, Санкт-Петербург, Россия

MODERN TECHNOLOGIES FOR ANALYZING THE DEVELOPMENT OF AN EFFECTIVE *MEDICAGO LUPULINA* – *RHIZOPHAGUS IRREGULARIS* PLANT–MICROBIAL SYSTEM

A.P. Yurkov^{1*}, A.A. Kryukov¹, R.K. Puzansky², A.O. Gorbunova¹, T.R. Kudryashova^{1,3}, A.I. Kovalchuk³, Yu.V. Mikhailova², P.M. Zhurbenko², Rodionov A.V.², M.F. Shishova⁴

¹All-Russia Research Institute for Agricultural Microbiology, St. Petersburg, Russia, *yurkovandrey@yandex.ru

²Komarov Botanical Institute of RAS, St. Petersburg, Russia

³Peter the Great St. Petersburg Polytechnic University, St. Petersburg, Russia

⁴Saint Petersburg State University, St. Petersburg, Russia

Известно, что грибы арбускулярной микоризы (АМ) могут играть ключевую роль в продуктивности естественных экосистем. АМ-грибы усиливают рост и развитие растений, повышают их адаптацию к биотическим и абиотическим факторам среды. Разработка биопрепаратов на основе инокулянтов АМ-грибов имеет широкие перспективы в рамках ведения органического земледелия. В связи с этим особо актуальными являются исследования механизмов симбиотической эффективности АМ со стороны растения-хозяина, а также изучение биоразнообразия АМ-грибов в естественных экосистемах с отбором эффективных изолятов для пополнения коллекции. Нашим коллективом ведется организация первой в России коллекции штаммов и изолятов АМ-грибов, охарактеризованных по признакам симбиотической эффективности и активности.

Для изучения механизмов, контролирующих развитие эффективной АМ, разработана модельная тест-система, включающая высокоэффективную высокоотзывчивую на микоризацию линию *MIS-1 Medicago lupulina* и эффективный тестовый штамм *RCAM00320* АМ-гриба *Rhizophagus irregularis*. Проведен анализ метаболизма корней на ранних фазах развития АМ-симбиоза. Методом газовой хроматографии-масс-спектрометрии (GC-MS) с применением хроматографа Agilent 5860 (Agilent Technologies, Санта-Клара, Калифорния, США), оснащенного капиллярной колонкой DB-5 MS и соединенного с квадрупольным масс-селективным прибором Agilent 5975, определено 316 метаболитов в корнях, корни в отличие от листьев содержат меньше органических кислот и сахаров. Поэтому соединения, поддерживающие рост АМ-гриба (особенно аминокислоты, липиды и специфические углеводы), существенно накапливались, что совпадало с интенсивным развитием в АМ-структур *R. irregularis*.

Анализ влияния АМ-инокуляции *R. irregularis* в условиях низкого уровня доступного фосфора на транскриптом листьев *M. lupulina* проведен путем секвенирования методом массового анализа концов кДНК – MACE анализа с использованием Illumina

на платформе HiSeq2000 (GenXPro GmbH, Франкфурт-на-Майне, Германия). По результатам исследования впервые проведена функциональная аннотация значительной части генов *M. lupulina*, в том числе задействованных в развитии эффективного АМ-симбиоза. Существенная экспрессия при микоризации была проверена после MACE секвенирования с применением ПЦР в реальном времени. Гены интереса относятся к следующим группам: известный переносчик фосфата (*MIPT4*), известная протон-зависимая АТФаза (*MIATP1*), а также гены, относящиеся к семейству флавоносинтаз цитохрома P450 (2-гидроксиизофлаванонсинтаза), семейству DEFL (растительный микоризозависимый дефензин 2), myb-подобный белок семейства факторов транскрипции (MYB транскрипционный фактор типа MYB-CC, мотив LHEQLE), семейству MIP аквапоринов (ТС 1.A.8), органоспецифический белок S2, два гена семейства LTP_2 (бифункциональный ингибитор/растительный белок переноса липидов/семейство доменов ингибиторов трипсин-альфа-амилазы), ингибитор трипсина типа Kunitz-P/субтилизин альфа-амилазы. Определенные гены будут внесены в базу Генбанка NCBI и будут исследованы на предмет отнесения к генам-маркерам развития эффективного АМ-симбиоза.

С целью выявления эффективных АМ-грибов проведены 3 экспедиции в горы Северного Кавказа и Горного Алтая, отобраны пробы на оценку биоразнообразия грибных сообществ, а также пробы для выделения изолятов. Изучение АМ со стороны микосимбионта показало, что АМ-грибы широко представлены в природных нарушенных и ненарушенных экосистемах Тебердинского национального парка и его сопредельных территорий. Проведен анализ > 10 млн последовательностей по регионам ITS1 и ITS2 с применением Illumina MiSeq («Illumina, Inc.», США), который показал, что наибольшим разнообразием видов АМ-грибов обладают экосистемы речных долин. Доминирующими видами грибов АМ (по числу видов) в экосистемах Северного Кавказа можно считать: 1) *Rhizophagus intraradices*; 2) *R. irregularis*; 3) *Entrophospora infrequens*; 4) *Dominikia indica*; 5) *D. bernensis*; 6) *Ambispora gerdemannii*; 7) *Paraglomus laccatum*. Исследование видового состава АМ-грибов продолжается. Выделен ряд высокоэффективных и неэффективных изолятов АМ-грибов при сравнении с симбиотической эффективностью тестового штамма RCAM00320 *R. irregularis*. Новые коллекционные штаммы имеют перспективы к применению в качестве действующего начала биопрепаратов для усиления роста растений.

Работа проведена с использованием оборудования Центра коллективного пользования “Геномные технологии, протеомика и клеточная биология” ВНИИСХМ.

Работы поддержаны грантами РФФИ № 19-29-05275_мк (оценка биоразнообразия АМ-грибов, выделение новых перспективных штаммов АМ-грибов), РФФИ № 20-016-00245_а (ПЦР в реальном времени генов, задействованных эффективном АМ-симбиозе), РФФИ № 22-16-00064 (оценка влияния АМ-инокуляции на метаболомный и транскриптомный профили листьев растения-хозяина – *Medicago lupulina*), государственным заданием № FGEW-2021-0004 (№ государственной регистрации 121040800300-9; проведение полевой апробации инокулянтов на основе АМ-грибов), грантом Министерства науки и высшего образования РФ в соответствии с соглашением № 075-15-2022-320 от 20.04.2022 о предоставлении гранта в виде субсидий из Федерального бюджета РФ для поддержки создания и развития Научного центра мирового уровня «Агротехнологии будущего» (анализ генов-кандидатов на гены-маркеры развития эффективной АМ).

ОЦЕНКА КОЛЛЕКЦИОННЫХ СОРТООБРАЗЦОВ СОИ КАК ИСХОДНОГО МАТЕРИАЛА ДЛЯ СЕЛЕКЦИИ В УСЛОВИЯХ ЮЖНОЙ ЛЕСОСТЕПИ ОМСКОЙ ОБЛАСТИ

Ю.И. Ященко

Омский аграрный научный центр, Омск, Россия, yashchenko@anc55.ru

EVALUATION OF SOYBEAN VARIETAL ACCESSIONS AS SOURCE MATERIAL FOR BREEDING UNDER THE CONDITIONS OF THE SOUTHERN FOREST-STEPPE OF OMSK PROVINCE

Yu.I. Yashchenko

Omsk Agrarian Scientific Center, Omsk, Russia, yashchenko@anc55.ru

Соя – самая распространенная зернобобовая культура мирового значения. Ценность сои как культуры прежде всего заключается в высоком содержании белка, который по своему аминокислотному составу ничем не уступает животному белку. Как сельскохозяйственную культуру сою используют на силос, сенаж, зеленый корм. Также соя является одной из лучших ресурсосберегающих и средообразующих зернобобовых культур, так как фиксирует и оставляет после себя до 250 кг/га азота в почве.

Эффективность селекции определяется ценностью исходного материала, подбор которого начинается с изучения сортообразцов, различающихся по происхождению, хозяйственным и биологическим признакам. Важным направлением селекционной работы является повышение урожайности, которое достигается путем оптимального сочетания основных элементов структуры урожая.

Материалом для исследований послужила коллекция сои, составленная из образцов коллекции ВИР и ценных номеров местной селекции. Посев коллекционного питомника осуществлен 19 мая 2021 года в полевом севообороте лаборатории селекции зернобобовых культур ФГБНУ «Омский АНЦ» (предшественник озимые зерновые) вручную в 2-кратной повторности на глубину 5-6 см. Количество образцов 75 шт. Через каждые 12 номеров высевался сорт стандарт 'Сибирячка'. Делянка однорядковая длиной 2 м, расстояние между рядками 60 см. Площадь питания одного растения 10 × 60 см. В период вегетации осуществляли наблюдения за ростом и развитием растений. Уход за посевами и уборку растений проводили вручную.

Вегетация сои в 2021 году проходила в не очень благоприятных погодных условиях: недостаток осадков в конце мая – начале июня привел к поздним всходам, что в свою очередь сказалось на продолжительности межфазных периодов. По итогу к началу уборки в сентябре – октябре 11 сортообразцов не достигли фазы полного налива семян и в дальнейшем изучении и оценке не участвовали.

Среднее количество веток на одном растении (3 шт.) имели 39% изучаемых сортообразцов сои. Наибольшее значение этого показателя было отмечено у трех образцов: 'География' (к-11602), 'Албишора' (к-11413), 'Антрацит' (к-11476) и составляло 6, 7, 8 штук соответственно.

Число продуктивных узлов варьировало от 10 до 72 шт. на растении. У сорта-стандарта 'Сибирячка' данный показатель составил 31 шт., что немного выше среднего значения среди всех сортообразцов.

Максимальное количество бобов (более 100 шт.) на одном растении к моменту созревания сформировали 4 сортообразца сои: 'Грация' (к-11346), 'Гармония' (к-10638), 'Албишора', 'Антрацит'. Менее 30 бобов было сформировано у сортов 'Скульптор' и 'Алтай' (к-11266).

Главным показателем для оценки сои как зерновой культуры считается семенная продуктивность, то есть количество семян на одном растении. Значение данного признака

варьировало от 45 шт. до 351 шт. В среднем по всем сортообразцам число семян на растении составило 131 шт.

Масса семян с одного растения у сорта-стандарта 'Сибирячка' составила 18 г. Масса семян менее 10 г отмечалась у 19% сортообразцов. В интервал от 10 г до 20 г вошли 58% исследуемых сортообразцов сои. Оставшиеся 23% сортообразцов имели массу семян с одного растения более 20 г. Максимальное значение (48 г) данного признака было у сорта 'Антрацит'.

В исследуемом наборе сортообразцов сои показатель массы 1000 семян был в пределах от 70 г у сорта 'Вінничанка' (к-11467) до 240 г у сорта '738-4' (к-11489). У сорта-стандарта 'Сибирячка' данный показатель был равен 121 г.

Стоит также помнить, что для механизированной уборки сои важное значение имеет высота прикрепления нижнего боба. Более половины (58%) исследуемых сортообразцов сои имели высоту прикрепления нижнего боба менее 10 см. В интервале от 10 см до 15 см находилось 39% сортообразцов сои. И лишь у 3% образцов высота растения до первого нижнего боба составила 16 см.

В результате проведенного исследования и оценки сортообразцов сои зарубежной и отечественной селекции выделены следующие источники высокой семенной продуктивности растений, сочетающих в себе большое количество веток, бобов и хорошую массу 1000 семян: 'Гармония', 'Персона' (K11511), 'Антрацит', '738-4' и '766-2' (к-11488).

КРУГЛЫЙ СТОЛ
«СОРНЫЕ РАСТЕНИЯ: АКТУАЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ
ИЗУЧЕНИЯ РАЗНООБРАЗИЯ, ПРОИСХОЖДЕНИЯ,
ЭВОЛЮЦИИ»

ROUND TABLE
“WEEDY PLANTS: URGENT ISSUES IN THE STUDY
OF THEIR DIVERSITY, ORIGIN AND EVOLUTION”

ДИНАМИКА СЕГЕТАЛЬНОГО ЭЛЕМЕНТА ФЛОРЫ САРАТОВСКОЙ ОБЛАСТИ

Л.В. Багмет

Федеральный исследовательский центр Всероссийский институт генетических ресурсов растений имени Н.И. Вавилова, Санкт-Петербург, Россия, l.bagmet@vir.nw.ru

DYNAMICS OF THE SEGETAL ELEMENT IN THE FLORA OF SARATOV PROVINCE

L.V. Bagmet

N.I. Vavilov All-Russian Institute of Plant Genetic Resources, St. Petersburg, Russia, l.bagmet@vir.nw.ru

В Саратовской области, расположенной в засушливой зоне Нижнего Поволжья, остро стоит вопрос конкуренции растений в борьбе за влагу. За счет засоренности урожайность полевых культур в регионе снижается на 25–30%. Информация о степени засоренности посевов, мониторинг динамики видового состава позволяют дифференцированно подходить к выбору мероприятий к борьбе с сорными растениями и существенно повысить эффективность выбранных приемов и методов.

Анализ литературных данных, результатов исследований в 1990-е годы и современных личных наблюдений позволяет сделать вывод, что сегетальный элемент сорной флоры существенно изменился с начала XX века как по видовому составу в целом, так и по составу наиболее злостных засорителей. Основу сорной флоры Нижнего Поволжья первой половины XX века составляли в основном растения-апофиты, останцы целинных фитоценозов. В 20-30-е годы XX века наиболее злостными засорителями были корневищные многолетники *Hierochloa odorata* (L.) Beauv., *Elytrigia repens* (L.) Nevski, *Leymus ramosus* (Trin.) Tzvel. Были также широко распространены в посевах корневищные многолетники *Achillea nobilis* L., *Artemisia absinthium* L., *A. austriaca* Jacq., *Inula britannica* L., стержнекорневые многолетники *Limonium gmelinii* (Willd.) O. Kuntze, *Artemisia procera* Willd., *Nonea pulla* (L.) DC., двулетники *Carduus uncinatus* Bieb., *Falcaria vulgaris* Bernh., *Isatis tinctoria* L., *Melilotus officinalis* (L.) Pall., *Onopordum acanthium* L. В настоящее время только *Melilotus officinalis* (L.) Pall. довольно часто можно встретить в посевах, однако обилие его редко превышает балл 1. Встречаемость в посевах *Achillea nobilis*, *Artemisia absinthium*, *A. austriaca*, *Carduus uncinatus* и *Falcaria vulgaris* Bernh. не превышает 5–10%. *Nonea pulla*, *Inula britannica*, *Artemisia procera*, *Isatis tinctoria*, *Onopordum acanthium*, *Limonium gmelinii* являются исключительно редкими для посевов. Видимо, в связи с интенсивной обработкой почвы совершенно исчез из посевов *Hierochloa odorata* (L.) Beauv. Некоторые виды, отмеченные в начале прошлого века в качестве сегетальных, сейчас не только совершенно не встречаются в посевах, но и чрезвычайно редки для флоры в целом и включены в списки охраняемых растений (*Amygdalus nana* L., *Gagea pusilla* (F.W. Schmidt) Sweet, *Glycyrrhiza glabra* L., *Ornithogalum fischerianum* Krasch., *Tulipa biebersteiniana* Schult. et Schult. f.).

Наиболее приспособленными к условиям пашни в условиях интенсивного земледелия настоящего времени стали корнеотпрысковые многолетники, обладающие огромной энергией вегетативного размножения. Некоторые виды сохранили свою роль злостных засорителей на протяжении века (*Convolvulus arvensis* L., *Euphorbia waldsteinii* (Sojak) Czerep., *Lactuca tatarica* (L.) C.A. Mey.), другие же представители этого биотипа резко увеличили свою встречаемость и обилие (*Cirsium arvense* (L.) Scop., *Sonchus arvensis* L.). Продолжается распространение в посевах карантинного корнеотпрыскового многолетника горчака ползучего (*Acrophthylon repens* (L.) DC.). Важной приспособительной особенностью вида к засушливым условиям Нижнего Поволжья является его способность впадать в состояние покоя. При этом рост растений

приостанавливается, надземная масса засыхает, однако корни остаются живыми и в благоприятных условиях сорняк вновь отрастает. В настоящее время *Acroptilon repens* в пределах Саратовской области произрастает в посевах, по обочинам дорог, на различных почвах, даже на уплотненных и засоленных. На отдельных полях Заволжья количество побегов горчача ползучего достигает 50 на 1 м². В 1992 году нами впервые был зарегистрирован в посевах корневищный многолетник *Silene procumbens* Murray, ранее приуроченный только к естественным местообитаниям на песчаных почвах. Резко увеличили свою встречаемость и обилие по сравнению с началом прошлого века однолетние *Avena fatua* L. и *Chenopodium album* L.

Среди адвентивных растений Саратовской области, появившихся в XX веке, наиболее активно заселяют посевы виды североамериканского происхождения: *Conyza canadensis* (L.) Cronquist, *Amaranthus retroflexus* L., *A. blitoides* S. Wats., *A. albus* L., *Xanthium albinum* (Widder) Scholz et Sukopp, *X. strumarium* L., *X. spinosum* L., *Cyclachaena xanthiifolia* (Nutt.) Fresen., *Ambrosia trifida* L., *A. artemisiifolia* L. Особого внимания требуют появившиеся в конце прошлого века амброзии трехраздельная и полыннолистная и дурнишник эльбский.

ФЛОРОГЕНЕТИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ АДВЕНТИВНЫХ СОРНЫХ РАСТЕНИЙ В АГРОФИТОЦЕНОЗАХ ЮГА НЕЧЕРНОЗЕМНОЙ ЗОНЫ В УСЛОВИЯХ ИЗМЕНЕНИЯ СИСТЕМ ЗЕМЛЕДЕЛИЯ В XX – НАЧАЛЕ XXI ВЕКА

В.Д. Бочкарев*, Д.В. Бочкарев

Национальный исследовательский Мордовский государственный университет,
имени Н.П. Огарева, Саранск, Россия, *vladimir.dmitrievich.b17@gmail.com

FLOROGENETIC ANALYSIS OF ADVENTIVE WEEDS IN AGROPHYTOCENOSES IN THE SOUTH OF THE NON-BLACK-EARTH ZONE UNDER THE CONDITIONS OF CHANGES IN CROPPING SYSTEMS IN THE 20TH AND EARLY 21ST CENTURIES

V.D. Bochkarev*, D.V. Bochkarev

National Research Mordovia State University, Saransk, Russia,
*vladimir.dmitrievich.b17@gmail.com

Установление центра происхождения адвентивных видов сорных растений является важной задачей, так как дает представление о связях с флорами других регионов земного шара и отчасти позволяет определить время внедрения отдельных видов и прогнозировать их появление в новых регионах. Имеющиеся материалы геоботанических исследований за столетний период, проведенных на территории республики Мордовия, территориально относящейся к югу Нечерноземной зоны, позволяют отследить адвентизацию сорного компонента при разном уровне систем земледелия.

Исходя из системы флористических областей, предложенной академиком Тахтаджяном, было выделено 11 флорогенетических элементов по разным периодам исследования.

Флорогенетический анализ адвентивных сорных растений в период экстенсивного земледелия, который на территории юга Нечерноземной зоны продолжался с 70–80-х гг. XVI века до начала 30-х годов XX века, выявил, что в структуре адвентивного комплекса агроценозов могут быть выделены представители 7 флорогенетических центров.

Преобладали выходцы средиземноморского центра – 5 видов (*Spergula arvensis* L., *Camelina microcarpa* Andr. ex DC., *Bunias orientalis* L., *Senecio vernalis* Waldst. et Kit., *Galium aparine* L.), что составляет 33% от общего числа. Несколько меньше было представителей евразийского (*Potentilla recta* L., *Pimpinella saxifraga* L., *Phleum phleoides* (L.) H. Karst.) и североамериканского региона (*Amaranthus retroflexus* L., *Tripleurospermum perforatum* (Merat) M. Lainz, *Bidens tripartita* L.) – по 3 вида (20%). Выходцы из южноазиатского (*Vaccaria hispanica* (Mill.) Rauschert, голарктического (*Festuca rubra* L.) и ирано-туранского (*Lactuca tatarica* (L.) C.A. Mey.) региона были представлены по 1 виду.

В период начала интенсификации земледелия, который связан с преобразованием сельскохозяйственного производства с середины 30-х годов XX века, в структуре адвентивного комплекса сорных растений агрофитоценоза были выявлены виды из 8 центров происхождения. Изменение экологических условий формирования агроценоза, приобретение семян новых культур и сортов, приобретение техники способствовало расширению числа адвентивных видов.

Как в предыдущий период, наибольшей группой заносных видов были представители средиземноморского флорогенетического центра (*Setaria viridis* (L.) P. Beauv., *Lolium temulentum* L., *L. remotum* Schrank, *Senecio vernalis*, *Camelina microcarpa*, *C. sativa* (L.) Crantz, *Vicia cracca* L., *Bunias orientalis*) – 8 видов (42%). Вторую позицию

также занимали североамериканские виды (*Amaranthus retroflexus*, *A. albus* L., *Erigeron canadensis* L., *Bidens tripartita*) – 4 (21%).

В третий исследуемый период интенсивного земледелия в структуре адвентивных сорных растений были выявлены виды из трех флорогенетических центров. Унификация технологии за счет повсеместного внедрения вспашки, очистки семенного материала, применения гербицидов способствовала снижению засоренности, и как следствие, сужению количества адвентивных видов.

В этот период по числу видов преобладал североамериканский регион (*Amaranthus retroflexus*, *Erigeron canadensis*, *Galinsoga parviflora* Cav., *Tripleurospermum perforatum* – 4 (57%). На втором месте по распространенности был средиземноморский регион (*Setaria viridis*, *Atriplex patula* L., *Lactuca serriola* L.) – 3 вида (42%). Меньше всего было ирано-туранских видов (*Avena fatua* L., *Lactuca tatarica*).

Изменение уровня антропогенной нагрузки, отход от классических технологий возделывания сельскохозяйственных культур, открытость границ для приобретения и перемещения семян культурных растений способствовало значительному расширению видового спектра сорных растений из различных флорогенетических центров происхождения.

В настоящее время в структуре адвентивных сорных растений агрофитоценозов выявлены представители 7 регионов. Наибольший спектр видов адвентивных сорных растений относился к североамериканскому центру (*Amaranthus retroflexus*, *Erigeron Canadensis* L., *Erigeron annuus* (L.) Pers., *Tripleurospermum perforatum*, *Galinsoga parviflora*, *Xanthium albinum* (Widder) Scholz et Sukopp, *X. strumarium* L., *Cuscuta campestris* Yunck., *Amaranthus albus*) – 9 видов (41%). Второй по численности была группа средиземноморских видов (*Setaria viridis*, *Euphorbia helioscopia* L., *Camelina microcarpa*, *Lactuca serriola*, *Atriplex patula*, *Galium aparine* L., *Bunias orientalis*) – 7 представителей.

Проведенный анализ геоботанических материалов в исторической ретроспективе показывает, что агроландшафты являются территориями акклиматизации и натурализации многих видов растений, некоторые из которых впоследствии получают массовое распространение и становятся достаточно агрессивными и для возделываемых сельскохозяйственных культур. Это обстоятельство необходимо учитывать при осуществлении мониторинга и контроля засоренности посевов.

УРОВЕНЬ АНТРОПОГЕННОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ КАК ВАЖНЕЙШИЙ ФАКТОР ДИНАМИКИ СОРНОГО КОМПОНЕНТА АГРОФИТОЦЕНОЗА

Д.В. Бочкарев*, А.Н. Никольский, Н.В. Смолин, В.Д. Бочкарев

Национальный исследовательский Мордовский государственный университет имени Н.П. Огарева, Саранск, Россия, *bochkarev dv@yandex.ru

THE LEVEL OF ANTHROPOGENIC IMPACT AS THE MOST IMPORTANT FACTOR IN THE DYNAMICS OF THE WEED COMPONENT OF AGROPHYTOCENOSIS

D.V. Bochkarev*, A.N. Nikolskiy, N.V. Smolin, V.D. Bochkarev

National Research Mordovia State University, Saransk, Russia, *bochkarev dv@yandex.ru

По мнению видного отечественного агрофитоценолога В.В. Туганаева, степень антропогенного воздействия на агрофитоценозы является наряду с изменяющимися климатическими условиями одним из главных факторов как флорогенеза, так и фитоценогенеза сорного компонента. Таким образом, видовой состав сорной части агрофитоценозов всегда был тесно связан с интенсивностью систем земледелия, господствовавших в данный исторический период.

На юге Нечерноземной зоны России, куда географически относится республика Мордовия, до начала 30-х годов XX века системы земледелия были представлены экстенсивной (племена фатьяновской культуры), появившейся с зарождения земледелия в конце 1-й четверти II тыс. до н. э., и экстенсивной (паровой – трехпольной), постепенно внедрявшейся начиная с X–XIII вв. н. э.

В отсутствии письменных подтверждений, источником, отчасти характеризующим видовой состав сорных растений посевов, служит зерновой материал, добытый при археологических раскопках фатьяновского городища, проведенных П.Д. Степановым в 1967 г., где в зерновой массе были обнаружены следующие сорные виды: *Chenopodium album* L., *Convolvulus arvensis* L., *Elytrigia repens* (L.) Nevski, *Galeopsis ladanum* L., *G. speciosa* Mill., *Silene noctiflora* L., *Galium aparine* L., *Buglossoides arvensis* (L.) I.M. Johnst., *Polygonum aviculare* L., *Fallopia convolvulus* (L.) A. Löve, *Persicaria scabra* (Moench) Moldenke, *Rumex acetosella* L., *R. crispus* L., *Silene vulgaris* (Moench) Garcke, *Stachys annua* (L.) L. и *Thlaspi arvense* L.

Иной спектр сорных растений был определен М.М. Максимовичем и А.С. Фатьяновым при исследовании стоянки племен фатьяновской культуры в Нижегородской области – из всех выявленных семян только 30% были сеgetальными. Среди них *Chenopodium album*, *Polygonum lapathifolium* L., *Galeopsis ladanum* L. Оставшиеся 70% относились к луговым (*Agrostis gigantea* Roth, *Centaurea jacea* L. *Galium mollugo* L., *Rumex confertus* Willd.), что больше характерно для примитивной – залежной системы земледелия, где в начальный период доминировали апофиты и только позже появлялись виды – антропохоры.

Паровая система земледелия просуществовала до начала 30-х годов XX века. В.П. Нарциссов (1960) отмечал: «что на территории юга Нечерноземья соха была единственным орудием основной обработки почвы до XX столетия, хотя система земледелия изменилась». Исследования, проведенные И.И. Спрыгиным (1929–1932), выявили, что в агрофитоценозах выявлено 146 видов сорных растений при среднем обилии 166 шт./м². Наиболее обременительными были *Sonchus arvensis* L., *Elytrigia repens* (L.) Nevski, *Apera spica-venti* (L.) P. Beauv., *Convolvulus arvensis*, *Cirsium setosum* (Willd.) Besser, *Scleranthus annuus* L., *Centaurea cyanus* L.

В дальнейшем П.К. Кузьминым в период внедрения механизированной обработки почвы в 1936–1938 гг. определено 162 вида при обилии до 61 шт./м², что меньше в 2,7 раза

по сравнению с 1-м периодом исследований. Часто встречались *Elytrigia repens*, *Convolvulus arvensis*, *Polygonum aviculare*, *Stachys annua*, *Cirsium setosum*, *Sonchus arvensis* L., *Equisetum arvense* L.

Интенсификация систем земледелия во 2-й половине XX века снизила видовой состав сорных растений до 82 при среднем обилии 43 шт./м². Наиболее активными были в тот период *Avena fatua* L., *Convolvulus arvensis*, *Cirsium setosum*, *Chenopodium album*, *Tripleurospermum inodorum* (L.) Sch. Bip., *Galium aparine* L., *Setaria pumila* (Poir.) Roem. et Schult.

Ослабление интенсификации земледелия в конце XX привело к расширению спектра сорных видов до 127 и обилия до 68 шт./м². Высокую плотность популяции образовывали *Elytrigia repens*, *Convolvulus arvensis*, *Chenopodium album*, *Cirsium setosum*, *Avena fatua*, *Amaranthus retroflexus* L., *Taraxacum officinale* F.H. Wigg., *Echinochloa crus-galli* (L.) P. Beauv.

Совершенствование элементов технологии возделывания, в частности, очистка семян снизила численность или привела к полному исчезновению спейрохоров *Agrostemma githago* L., *Apera spica-venti*, *Dracocephalum thymiflorum* L., *Scleranthus annuus*, *Sisymbrium loeselii* L. Уменьшилось количество двулетних *Pastinaca sativa* L., *Silene vulgaris* (Moench) Garcke. Из-за высокой семенной продуктивности, гетерокарпии и длительной сохранности семян сохранились в посевах *Chenopodium album*, *Amaranthus retroflexus*.

Увеличили популяции устойчивые к 2,4-Д и их производным: *Galium aparine*, *Matricaria perforata* Merat, виды *Viola* spp. и *Galium* spp. Из поликарпиков на протяжении всех периодов сохранялись *Convolvulus arvensis*, *Elytrigia repens*, *Cirsium setosum*. *Elytrigia repens*, имевший значительное распространение при экстенсивном земледелии, не отмечался в период интенсивного земледелия, в настоящее время получил широкое распространение. Стержнекорневые многолетники (*Knautia arvensis* (L.) J.M. Coult., *Nonea pulla* DC., *Artemisia absinthium* L.), в обилии произраставшие при экстенсивном земледелии, уменьшились, но *Taraxacum officinale*, редко встречавшийся ранее, увеличил численность в настоящее время.

В анализируемый период отмечен также и флорогенез в агрофитоценозах за счет появления таких видов, как *Galinsoga parviflora* Cav., *Erigeron annuus* (L.) Desf., *Heracleum sosnowskyi* Manden.

Проведенный анализ показывает, что сорный компонент агрофитоценозов в значительной степени изменяется в зависимости от уровня антропогенной нагрузки, вместе с тем пул наиболее вредоносных сорных растений сохраняется.

На сегодняшний день активное распространение в посевах имеют *Elytrigia repens*, *Cirsium setosum*, *Convolvulus arvensis*, *Taraxacum officinale*, *Avena fatua*, малолетние зимующие виды, на землях несельскохозяйственного назначения – *Heracleum sosnowskyi* Manden. Это говорит, о том, что стратегия и тактика защитных мероприятий должна быть ориентирована на оптимизацию популяций данных видов до уровня ниже экономического порога вредоносности для сельскохозяйственных культур.

ГЕРБАРИЙ СОРНЫХ РАСТЕНИЙ XIX – ПЕРВОЙ ПОЛОВИНЫ XX ВЕКА В КОЛЛЕКЦИИ WIR

И.В. Варганова*, Л.Ю. Шипилина

Федеральный исследовательский центр Всероссийский институт генетических ресурсов растений имени Н.И. Вавилова, Санкт-Петербург, Россия, *varganova_irina@mail.ru

HERBARIUM OF WEEDY PLANTS OF THE 19TH AND FIRST HALF OF THE 20TH CENTURIES IN THE WIR COLLECTION

I.V. Varganova*, L.Yu. Shipilina

N.I. Vavilov All-Russian Institute of Plant Genetic Resources, St. Petersburg, Russia,
*varganova_irina@mail.ru

В 2022 году произведена ревизия фонда Сорные растения Гербария культурных растений мира, их диких родичей и сорных растений (Гербарий ВИР, WIR), основанная на записях в картотеке образцов, собранных до 1950-го года включительно.

По предварительным данным в Гербарии ВИР в фонде Сорные растения хранятся 10 840 образцов. Это образцы, собранные на территории губерний Российской империи, в республиках СССР и других странах мира. Данные образцы составляют шестую часть от всего объема гербария сорных растений. Данные сборы производились в разные периоды времени. В основу вошли сборы Р.Э. Регеля, А.И. Мальцева, Е.И. Барулиной, Н.И. Вавилова, Ф.И. Малькова, Е.Н. Синской, И.К. Пачоского, К.А. Фляксбергера и других.

Выявленные образцы относятся к 2 отделам Polypodiophyta и Magnoliophyta. Polypodiophyta представлен 52 образцами из семейства Equisetaceae, тремя из семейства Marsileaceae и одним образцом из Salviniaceae. Образцы цветковых растений относятся к 57 семействам класса Двудольные и 13 семействам класса Однодольные. Виды семейств Caprifoliaceae, Cistaceae, Cucurbitaceae, Lobeliaceae, Nyctaginaceae, Pedaliaceae, Sambucaceae (=Adoxaceae), Saxifragaceae, Vitaceae в сборах до 1950 года не отмечены и впервые появляются в коллекции после 1950 года.

Наибольшее количество образцов сорных растений, собранных до 1950-го года включительно, относится к семейству Asteraceae (16%), Brassicaceae (10%), Poaceae (8%), Lamiaceae (7%), Fabaceae (6,5%), Polygonaceae (6%), Caryophyllaceae (5%), что вместе составляет более 57% «исторического гербария».

ДИНАМИКА ВИДОВОГО СОСТАВА СОРНЫХ РАСТЕНИЙ РИСОВЫХ ПОЛЕЙ КУБАНИ ЗА ПОСЛЕДНИЕ 100 ЛЕТ

О.В. Зеленская, Н.В. Швыдка

Кубанский государственный аграрный университет им. И.Т. Трубилина, Краснодар,
Россия, zelenskayaolga-2011@mail.ru

DYNAMICS OF THE SPECIES COMPOSITION OF WEEDS IN KUBAN RICE FIELDS OVER THE LAST 100 YEARS

O.V. Zelenskaya, N.V. Shvydkaya

Kuban State Agrarian University, Krasnodar, Russia, zelenskayaolga-2011@mail.ru

Начало производственного рисосеяния в дельте реки Кубани относится к 1929–1930 гг., когда были построены первые ирригационные системы на площади 100 га. В настоящее время ирригационный фонд здесь составляет около 230 тыс. га, и рис выращивается в севообороте с другими сельскохозяйственными культурами.

Эколого-биологическое направление в изучении сорных растений рисовых полей, разработанное профессором И.С. Косенко в середине 30-х гг. XX века, предполагает описание флористического состава и обилия сорных растений, их экологических признаков, анализ причин засоренности рисовых полей и динамики сорных растений в зависимости от технологии возделывания культуры. Предлагаемые меры борьбы с сорными растениями основаны на знании их индивидуальных биологических и экологических особенностей и применяются только в случае превышения экономического порога вредоносности сорняков. По данным И.С. Косенко на урожай риса на Кубани негативно влияли только 12 видов из 9 родов и 6 семейств сосудистых растений из 144 видов, зарегистрированных на рисовых системах. При этом 6 видов сорных растений (50%) были заносными, родом из Юго-Восточной Азии, так же, как и культурный рис (*Oryza sativa* L.). Наиболее вредоносными были представители рода *Echinochloa* L. и *Cyperus difformis* L., завезенные на Кубань вместе с семенами риса с Дальнего Востока. Из элементов местной флоры Приазовских плавней в состав агрофитоценозов рисовых полей вошли такие растения, как *Alisma lanceolatum* With., *A. plantago-aquatica* L., *Bolboschoenus maritimus* (L.) Palla, *Butomus umbellatus* L., *Phragmites australis* (Cav.) Trin. ex Steud., *Typha angustifolia* L., *T. latifolia* L.

В 40-е гг. XX в. в военное и послевоенное время произошло одичание рисовых земель и зарастание их тростником южным – доминантом-эдификатором Приазовских плавней, а также клубнекамышом и рогозом. Впоследствии рисосеяние на Кубани возобновилось, и были введены в эксплуатацию новые рисовые оросительные системы.

В 70–80-е гг. XX в. применение на территории края интенсивной технологии возделывания риса привело к сокращению видового разнообразия и обилия сорных растений. Маршрутные исследования рисовых систем Кубани Г.В. Ефимовой и Б.А. Крыжко выявили исчезновение или сокращение численности на рисовых полях таких видов, как *Cyperus rotundus* L., *C. fuscus* L., *Sagittaria trifolia* L. и других. В то же время некоторые виды из родов *Polygonum* L. и *Scirpus* L., ранее в составе сорняков риса не упоминавшиеся, распространились повсеместно. Это было связано с ассортиментом и особенностями применения гербицидов на рисовых полях. В те же годы, предположительно с семенами риса с Дальнего Востока, на Кубань была завезена *Monochoria korsakowii* Regel et Maack, кенофит восточноазиатского происхождения. Она широко распространилась на рисовых полях, особенно на изреженных посевах и по краям чеков в дренажах. Наибольшей численности популяции монохории достигли в 1990-е гг., когда в связи с экономическим спадом в развитии рисоводства применялась малозатратная безгербицидная технология. Всходы риса получали из-под слоя воды для

борьбы с растениями рода *Echinochloa*. При этой технологии экологическая нагрузка на поля снизилась, но широкое распространение получили сорные растения, приуроченные к переувлажненным и заболоченным местам обитания.

Маршрутные исследования рисовых полей Кубани, проводимые нами ежегодно в период 1999–2021 гг., выявили изменения в видовом составе сорных растений, связанные как с применяемыми в настоящее время агротехнологиями, так и с сортовой культурой риса.

К 2015 г. на всех элементах рисовых систем Кубани зарегистрировали 204 вида из 154 родов и 49 семейств сосудистых растений. Однако только 30 видов растений из 20 родов и 15 семейств существенно засоряли посевы риса. Большинство из них были однолетними (60%). Адвентивный элемент сеgetальной флоры рисовых чеков представлен 12 видами растений, родом преимущественно из Юго-Восточной Азии и Северной Америки. Все они обладают высокой конкурентоспособностью по отношению к рису.

Применение лазерной планировки чеков привело к снижению слоя воды до 5–10 см в период вегетации риса, что способствовало распространению растений-мезофитов, таких как *Digitaria sanguinalis* (L.) Scop. и *Rumex confertus* Willd., ранее отмеченных только на валах и по берегам каналов рисовых систем. Кроме того, росичка кроваво-красная относительно устойчива к той группе гербицидов, которые применяются сейчас на рисовых полях.

В 2015–2021 гг. на посевах риса отмечено возрастание численности популяции *Cyperus difformis*. Очаги инвазии на отдельных картах занимают 30% и более площади чека, при этом число генеративных побегов растений сыти разнородной достигает 200–250 шт./м². Высота растений сыти на повышенном агрофоне составляет 60–100 см. Полегающие стебли сыти способствуют и полеганию риса, что существенно снижает урожай.

С 2017 г. на рисовых полях Кубани впервые нами были зарегистрированы новые адвентивные сорные растения родом из Северной Америки. Это виды семейства Lythraceae *Ammannia auriculata* Willd. и *Ammannia coccinea* Rottb., а также вид *Lindernia dubia* (L.) Pennell из семейства Scrophulariaceae. Они относятся к экологической группе гигрофитов, так же как и рис, и имеют высокий инвазионный потенциал. Появление их предположительно связано с заносом семян сорных растений вместе с посевным материалом крупнозерных сортов риса из европейских рисосеющих стран, таких как Италия и Франция.

При проведении исследований в 2017–2020 гг. был зарегистрирован как ленточный, так и более редкий очаговый характер размещения растений рода *Ammannia*. В условиях Кубани аммания хорошо растет в теплые годы и на изреженных посевах. Ее растения остаются ниже риса до середины августа, но в конце вегетации риса достигают высоты 1,2 м и выходят в первый ярус, превышая по высоте растения сортов риса и успешно конкурируя с ними. На сильно засоренных амманией посевах риса численность ее достигала 50 шт./м².

Вид *Lindernia dubia* (L.) Pennell был впервые обнаружен, гербаризирован и идентифицирован нами в рисовых чеках в сентябре 2017 г. Наблюдения в течение трех лет показали, что численность и плотность популяций *L. dubia* ежегодно увеличиваются, а темпы распространения на рисовых полях возрастают. Вид акклиматизировался в условиях Кубани, массово цветет и плодоносит. Отмечен как локальный, так и наиболее опасный очаговый характер размещения сорняка. Плотность растений линдернии сомнительной в очагах составила 25–30 шт./м², максимальная – до 50 шт./м², при средней длине стебля растений 50–55 см. Растения *L. dubia* находились во втором ярусе и не всегда были заметны в посевах риса, поэтому против них не применялась повторная обработка гербицидами. В результате они созрели и значительно увеличили банк семян в почве.

Растения аммании и линдернии обычно встречаются в сообществе с сытью разнородной, что подтверждает их сходство по экологическим требованиям. Быстрое распространение этих однолетних сорняков на полях Кубани обусловлено тем, что они поздно начинают вегетацию, поэтому избегают общепринятой обработки посевов риса гербицидами, активно развиваясь и конкурируя с ним в июле – августе, когда применение гербицидов без ущерба для культурного риса невозможно. Для борьбы с амманией и линдернией надо разработать новую системную стратегию на основе биоэкологических особенностей этих растений.

ДИСТАНЦИОННОЕ ОБСЛЕДОВАНИЕ ПОСЕВОВ С ПОМОЩЬЮ БПЛА И ДРУГИЕ ТЕНДЕНЦИИ СОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ ТЕХНОЛОГИИ ВНЕСЕНИЯ СЗР АГРОДРОНАМИ

Р.В. Корпанов

РУП «Институт защиты растений», Минский район, Беларусь, korpanov@mail.ru

REMOTE EXAMINATION OF CROPS USING UAV AND OTHER TRENDS OF IMPROVING THE TECHNOLOGY OF PPP APPLICATION BY AGRODRONES

R.V. Korpanov

Institute of Plant Protection, Minsk Region, Belarus, korpanov@mail.ru

Сегодня аграрии большие надежды возлагают на цифровую трансформацию сельского хозяйства, включая технологию внесения средств защиты растений (СЗР) с помощью агродронов. Не меньший интерес вызывает аэрофотосъемка производственных процессов, в том числе с целью фитосанитарного мониторинга посевов.

Практический интерес представляет дистанционный мониторинг засоренности посевов сельскохозяйственных культур абсолютным учетом засоренности (шт./м²), принятым в классической гербологии, с помощью БПЛА оптическим способом. Амбициозной задачей перед данной технологией стоит использование материалов аэрофотосъемки с автоматическим определением численности (шт./м²) по видам с помощью электронных баз данных сорных растений (или электронных определителей, например, PlantNet, PlantSnap и др.) с экстраполяцией полученных результатов аэрофотосъемки с биологическими пороговыми значениями по основным доминирующим видам сорных растений или с экономическими порогами целесообразности (ЭПЦ) применения гербицидов.

Общей тенденцией в дроностроении является увеличение максимально взлетной массы БПЛА вертолетного типа (коптера), что влечет увеличение продолжительности полета и полезной грузоподъемности сельхоздрона при внесении СЗР или гранулированных удобрений (массы гранулированных удобрений или объема рабочего раствора), а также предоставление возможности изменения дисперсности распыла рабочей жидкости в пределах 50–550 мкм для аппаратов, оборудованных атомайзерами, и постоянным размерам распыляемых капель в пределах 110–300 мкм для машин, оснащенных блоками классических щелевых распылителей. Сотрудниками лаборатории гербологии РУП «Институт защиты растений», Беларусь, накапливается практический опыт применения гербицидов с помощью агродронов. Следует отметить, что существующие модели дронов для внесения СЗР (в основном до 2020 модельного года) не всегда обеспечивают необходимое качество внесения гербицидов и десикантов по равномерности распределения рабочего раствора СЗР в условиях изменяющихся факторов внешней среды (скорости ветра и др.).

Для повышения качества внесения агродроны нуждаются в системе управления дисперсностью распыла в зависимости от факторов внешней среды (скорость ветра, высота полета, скорость полета и др.), а также внедрения технических средств защиты создаваемого потока воздуха двигателями БПЛА, например, экранирования вентиляторов двигателей и др. Для компенсации избыточной мощности современных двигателей, предотвращения избыточного дробления капель меньше 100 мкм и выноса мелкой фракции капель за пределы обрабатываемой зоны (1 галс) необходим правильный подбор лопастей двигателя (с соответствующим углом атаки).

Таким образом, дистанционное обследование посевов позволит повысить эффективность работ по защите растений, а идентификация сорной растительности –

оперативно выбирать стратегию внесения гербицидов (сплошную или дифференцированную). Система управления дисперсностью распыла в пределах оптимальных значений технологии опрыскивания УМО, ММО (для аппаратов, оборудованных атомайзерами) или МОО в зависимости от изменяющихся факторов внешней среды (скорость ветра, высота полета, скорость полета и др.) призвана существенно повысить качество внесения СЗР дронами-опрыскивателями.

МОНИТОРИНГ СОРНОЙ РАСТИТЕЛЬНОСТИ В РАСТЕНИЕВОДСТВЕ: ПОЛЕВЫЕ СЕВООБОРОТЫ И САДОВОДСТВО

Г.Е. Ларина

Всероссийский научно-исследовательский институт фитопатологии, Большие Вяземы,
Россия, galina.larina@mail.ru

MONITORING OF WEEDS IN CROP PRODUCTION: FIELD CROP ROTATIONS AND HORTICULTURE

G.E. Larina

All-Russian Research Institute of Phytopathology, Bolshiye Vyazemy, Russia,
galina.larina@mail.ru

Агрофитоценозы являются искусственно созданными биологическими системами, в которых растение занимает особое место. При исследовании конкурентных отношений растений в сообществах (луговая, лесная растительность) как в естественных условиях, так и в агрофитоценозах, внимание уделялось оценке реакции растений на изменения природных факторов: уровень увлажнения, освещенности, свойства почвы, характер рельефа и др. Активное внедрение в практику растениеводства методов интенсивного земледелия в конце XX начале – XXI века привлекло внимание к вопросу контролирования (регулирования) роста и развития сорного компонента в агрофитоценозе, что важно для получения стабильного урожая и сохранения функциональности (в т.ч. декоративности) садовых культур. Сравнительный анализ методик оценки засоренности в полевых севооборотах и в садах (плантации) позволил выявить и отобрать наиболее подходящие для практического использования варианты оценки состояния сорного ценоза.

Первый тип оценки представляет собой стационарные исследования, позволяющие изучать эффективность гербицидов или оценивать уровень засоренности территории (50–100 га) в зависимости от внешних факторов (агротехника, внесение ХСЗР, удобрений и пр.). В этих исследованиях широко применяется количественно-весовой и видовой метод учета с оптимальным выбором размеров учетной площадки, числа повторностей и т.п. Стационарные исследования сорно-полевой растительности проводятся также при изучении влияния ландшафтных условий на засоренность культур в севообороте и на крупных территориях с посадками плодовых деревьев и кустарников. Исследования в условиях ландшафтных стационаров демонстрируют связь растительности со средой как стохастическую (многофакторный анализ, позволяющий установить неявные зависимости), где любой вид или растительная группировка может быть связана с рядом почвенных градаций, и/или наоборот, каждому почвенному варианту может соответствовать определенный набор видов растений. Этот способ является основой системы интегрированной защиты растений от сорняков и вредных объектов.

Второй тип оценки представляет производственное обследование посевов и получение сведений об общей засоренности. Мероприятия проводят ежегодно, методом сплошного визуального обследования полей (по каждой культуре), многолетних насаждений (сады и др.) и пастбищ в сроки массового появления основных видов сорняков. Для характеристики уровня засоренности обследуемых посевов применяют глазомерные шкалы учета с трех-шести-балльной градацией засоренности (шкалы А.И. Мальцева, М.В. Маркова, А.В. Фисюнова, А.М. Туликова, Б.М. Смирнова и др.). Отметим, что в разных шкалах глазомерной оценки засоренности (исходя из численности растений на единицу площади) различны показатели обилия сорняков, оцениваемые одним и тем же баллом. В этом случае помогают современные технологии – геостатистика (оборудование для фиксирования, анализа, моделирования и пр.), с помощью которой

проводится картирование засоренности посевов и садов. Методы геостатистики позволяют с помощью учетных площадок (размер $0,5 \times 0,5$ м, 1×1 м) получить семивариограмму, которая демонстрирует присутствие сорняка в данной точке на площадке как функцию расстояний между площадками опробования. Далее с помощью кригинг-анализа строится карта распределения сорняка, например, бодяка полевого (*Cirsium arvense* (L.) Scop.) или одуванчика лекарственного (*Taraxacum officinale* F.H. Wigg.) на площадке, которая может быть использована для локальной обработки куртин, что не только позволяет качественно проводить обработки, но и эффективно уничтожать злостные сорняки.

Третий тип оценки основан на геоботаническом маршрутно-рекогносцировочном обследовании, в котором устанавливается флористическое разнообразие агрофитоценозов и общий характер засоренности на больших территориях (региона), границы распространения злостных сорняков и инвазивных видов и др. За основу таких обследований берутся глазомерно-числительные методы учета засоренности, проективные визуальные методы со шкалами проективного покрытия сорняков относительно культурного растения (шкалы М.В. Маркова, Н.Н. Лунева и др.).

Важно, что уровень конкуренции сорных растений проявляется неодинаково в полевых севооборотах. Показатели, характеризующие вред сорняков, должны относиться не только к посевам определенных культур, но и конкретным почвенно-климатическим условиям. Это позволяет применять четвертый тип оценки или прогноз урожая культурного растения от уровня засоренности. Нами была изучена модель линейной функции $Y_x = Y_0 - kx$, где Y_x – урожай на участке при засоренности x ; k – коэффициент устойчивости культурного растения к конкуренции сорняков, вычисляемый по опытным данным. Получены зависимости потерь урожая (П.у.) с учетом балла засоренности посевов (x) для условий Нечерноземной зоны: зерновые – П.у. = $Y_0 (1 - 0,92x)$; зернобобовые – П.у. = $Y_0 (1 - 0,89x)$; плодовые и ягодные культуры – П.у. = $Y_0 (1 - 0,97x)$, где x оценивали по 4-балльной шкале (0 – отсутствие сорняков, 1 – слабое, 2 – среднее и 3 – сильное засорение, выше 45%).

В заключение необходимо отметить, что прогнозные модели учитывают, во-первых, только агротехнические методы (вспашка, сроки сева, удобрения и др.) и физиологические особенности растения (банк семян, жизненная форма и др.), а во-вторых, имеют жесткие условия ограничения, при которых модельный прогноз наиболее точен (например, только для участков со слабой, средней или сильной засоренностью). Поэтому применение в практике прогнозных моделей носит ограничительный характер и возвращает нас к вышеперечисленным типам оценки сорной растительности.

Мониторинг засоренности включает ряд методических подходов, основное отличие которых в качественном уровне проводимых учетов, что в свою очередь, связано с площадью обследуемой территории. Характеристическая оценка сорного компонента агрофитоценоза включает ряд показателей – обилие (численность, масса, объем), проективное покрытие, встречаемость и размещение видов, а также ярусность и пр. В зависимости от методики оценки засоренности посевов можно достаточно полно отразить гербологическую ситуацию в агроэкологических системах как региона, так и отдельных хозяйств и/или земельных площадей иного целевого назначения.

ЗАНОСНЫЕ ВИДЫ *HELIANTHUS* L. НА ДАЛЬНЕМ ВОСТОКЕ РОССИИ

Е.В. Лесик^{1*}, Н.Ю. Леусова², И.А. Крещенок³, Г.В. Таловина⁴

¹ Амурский филиал Ботанического сада-института Дальневосточного отделения РАН, Благовещенск, Россия, *stork-e@yandex.ru

² Институт геологии и природопользования Дальневосточного отделения РАН, Благовещенск, Россия

³ Амурская государственная медицинская академия, Благовещенск, Россия

⁴ Федеральный исследовательский центр Всероссийский институт генетических ресурсов растений имени Н.И. Вавилова, Санкт-Петербург, Россия

INVASIVE SPECIES OF *HELIANTHUS* L. IN THE RUSSIAN FAR EAST

E.V. Lesik^{1*}, N.Y. Leusova², I.A. Kreshchenok³, G.V. Talovina⁴

¹ Amur Branch of the Botanical Garden–Institute, Far Eastern Branch of the Russian Academy of Sciences, Blagoveshchensk, Russia, *stork-e@yandex.ru

² Institute of Geology and Nature Management, Far Eastern Branch of the Russian Academy of Sciences, Blagoveshchensk, Russia

³ Amur State Medical Academy, Blagoveshchensk, Russia

⁴ N.I. Vavilov All-Russian Institute of Plant Genetic Resources, St. Petersburg, Russia

На территорию Дальнего Востока России (ДВР) виды подсолнечника (*Helianthus* L.) были занесены с различными культурными растениями или как семенной материал. В настоящее время они могут становиться сорняками посевов культурных растений и доминантными видами рудеральных местообитаний, хотя некоторые из его представителей могут стать источником ценного генетического материала для селекции, так как многие виды обладают декоративными и пищевыми качествами, а также широким спектром устойчивости к различным экологическим факторам. Центр видового разнообразия рода *Helianthus* находится в Северной и Центральной Америке, где проходят естественные природные ареалы всех его видов, за исключением нескольких видов из Южной Америки. На территории России в разное время было зарегистрировано семь видов подсолнечника (Баркалов и др., 1992). Целью нашего исследования было рассмотрение истории изучения подсолнечников и анализ особенностей экологии, распространения, динамики их расселения на территории ДВР.

Наши исследования проводились в период с 2001 по 2022 гг. на территории Амурской области, южной части Хабаровского и Приморского краев, Еврейской автономной области. На основании литературных данных, официальных интернет-ресурсов (<http://taiwanflora.sinica.edu.tw>; <http://www.discoverlife.org>; <http://www.efloras.org>; <https://www.gbif.org/species/9206251>; <https://www.cabi.org/isc/datasheet/26714#REF-DDB-151458>), гербарных сборов разных коллекторов и лет (LE, WIR, MW, MHA, VLA, ABGI, VBGI), а также собственных исследований составлены точечные карты ареалов и проведен анализ распространения семи видов подсолнечника. Собранный авторский гербарный материал хранится в гербарии Амурского филиала Ботанического сада-института ДВО РАН (ABGI).

К настоящему времени на ДВР сообщалось о произрастании от 1 до 7 видов, о чем свидетельствуют почти 300-летние флористические исследования: *Helianthus annuus* L., *H. tuberosus* L., *H. rigidus* (Cass.) Desf., *H. lenticularis* Douglas ex Lindl., *H. strumosus* L. (Комаров, Клобукова-Алисова, 1931; Баркалов и др., 1992; Старченко, 2008; Антонова, 2009), *H. laetiflorus* Pers. и *H. petiolaris* Nutt. (Баркалов и др., 1992). Все виды относятся к трибе *Heliantheae* Cass., подтрибе *Zinniinae* Benth et Hook. fil. Из них *H. tuberosus*, *H. rigidus*, *H. laetiflorus* – многолетние растения, остальные – однолетние виды. Все

представители рода подсолнечник отмечены либо в агроценозах, либо в составе рудеральных сообществ.

Важную роль в расширении границ ареалов адвентивных растений играет антропогенный фактор; можно говорить об «антропогенно детерминированной» границе распространения этих видов. Несмотря на то, что *H. annuus* и *H. tuberosus* имеют достаточно широкий ареал на ДВР, эти виды можно считать весьма локализованными в районах с мягким, теплым и влажным климатом. *H. tuberosus* применяется как пищевая и декоративная культура, легко уходит из культуры и адаптируется на антропогенно нарушенных территориях, образуя небольшие монодоминантные заросли. Возможно, распространение на север и восток ДВР в большей степени регулируется зимними температурами, так как эдафические условия влияют косвенно. Распространение *H. rigidus* и *H. strumosus* незначительно, чаще всего эти виды используются в культуре как декоративные, реже встречаются на рудеральных местообитаниях в отдельных субъектах ДВР. *H. rigidus* иногда отмечается в агроценозах Амурской области в единичных экземплярах. В большинстве случаев эти виды плохо приспособлены к произрастанию вне культуры на исследуемой территории. Единожды отмеченные в г. Хабаровске (Баркалов и др., 1992) и в окрестностях г. Владивостока *H. laetiflorus* и *H. petiolaris*, в настоящее время сборами не подтверждены.

На сегодняшний день наибольший интерес представляет *H. lenticularis* как сорное растение агроценозов. Этот вид отмечен только в Амурской области и Приморском крае. Тяготеет к посевам сои, реже зерновых культур и картофеля, иногда отмечается в антропогенно нарушенных ценозах в единичных экземплярах. В 2019 г. в нескольких районах Амурской области был зафиксирован рост численности полей с высокой засоренностью. Вероятно, этот вид попал в Амурскую область, с недостаточно очищенным от сорных растений семенным материалом сои. В течение четырех лет (2019–2022 гг.) мониторинга распространения *H. lenticularis* отмечена тенденция к снижению численности этого вида в агроценозах. Возможно, это связано с проведением агротехнических мероприятий, которые привели к минимальному присутствию вида в посевах. Остальные виды подсолнечника в настоящее время в посевах сельскохозяйственных культур не играют ключевой роли. В большинстве случаев они встречаются в рудеральных сообществах.

Таким образом, биологические особенности отдельных видов *Helianthus* дают им преимущества во вторичном ареале произрастать не только в культуре, но и легко адаптироваться и распространяться по антропогенно нарушенным территориям. Поэтому необходим постоянный мониторинг за появлением и распространением инвазионных видов в посевах сельскохозяйственных культур и антропоценозах ДВР, а также для изучения их биологии и адаптивности, предотвращения засорения посевов и снижения экономического риска потерь урожая. Значение видов рода заключается не только в способности причинять вред посевам или вытеснять менее конкурентоспособные виды из рудеральных сообществ, эти виды потенциально ценны для использования в селекции и относятся к генетическим ресурсам растений. Для понимания значения подобных исследований необходимо принять во внимание адаптацию сорных видов к широкой амплитуде изменяющихся климатических и почвенных условий, а также огромную площадь ареалов большинства сорных растений, где происходила их адаптация в течение длительного периода времени, из чего становится ясно, какой конкурентной способностью обладают сорные растения по сравнению с культурными (Ульянова, 2005).

НАУЧНЫЕ ПОДХОДЫ И ПЕРСПЕКТИВЫ В ГЕРБОЛОГИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЯХ

Н.Н. Лунева

Всероссийский научно-исследовательский институт защиты растений, Санкт-Петербург, Россия, natalja.luneva2010@yandex.ru

SCIENTIFIC APPROACHES AND PROSPECTS IN HERBOLOGICAL RESEARCH

N.N. Luneva

All-Russian Institute of Plant Protection, St. Petersburg, Russia, natalja.luneva2010@yandex.ru

Традиционно под сорными растениями понимали нежелательные растения полей, снижающие величину и качество урожая. Со временем определения мест произрастания сорных растений стали включать такое понятие, как сельскохозяйственные угодья (ГОСТ 16265-89..., 1989; Баранова и др., 2018), в состав которых входят пашни, многолетние насаждения, залежи, сенокосы и пастбища. Сельхозугодья входят в состав земель сельскохозяйственного назначения наряду с землями для обеспечения функционирования сельского хозяйства (лесополосы, дороги, территория вокруг строений, сооружений и коммуникаций, мусорные места) и землями, включенными при территориальном планировании использования земель (участки лугов, лесов, берега водоемов и болот). Свой вклад в это понимание внесло и Американское научное общество по борьбе с сорными растениями, которое включает в группу сорных все нежелательные растения, мешающие деятельности и благополучию человека (Herbicide Handbook, 2002). То же самое прозвучало со стороны Европейского общества по борьбе с сорными растениями, которое включает в эту группу все растения, которые мешают целям и требованиям людей (Zimdahl, 2018). Понятно, что цели и требования людей, как и их деятельность и благополучие, связаны не только с полями.

Исходя из вышесказанного, агроэкосистема неизбежно включает как сегетальные растительные сообщества (на полях), синантропные (на рудеральных местообитаниях, молодых залежах и маловозрастных посевах многолетних трав) и синантропизированные (на пастбищах, старых залежах и старовозрастных посевах многолетних трав) (Миркин и др., 2003), так и фрагменты естественной растительности, благодаря включению в состав агроэкосистемы участков лугов, лесов, болот и замкнутых водоемов в соответствии с территориальным планированием использования земель (Земля и право, 1997). Фрагменты естественной растительности регулярно нарушаются и зарастают на первых этапах восстановления растениями из группы сорных (Гроссгейм, 1948; Мальцев, 1962).

В настоящее время в защите растений принято следующее определение сорного растения: «... нежелательное для человека растение, обитающее на землях, используемых в качестве сельскохозяйственных угодий, для лесоразведения или отдыха» (ГОСТ 21507., 2015). Перед лесоразведением на этих землях осуществляется обязательная обработка почвы с нарушением также и растительного покрова (Приказ Министерства..., 2019), в связи с чем они заселяются, помимо воли человека, сорными растениями (Марич, 2014). Рекреационные земли, используемые для организованного массового отдыха и туризма населения, в том числе в составе зеленой зоны за пределами населенных пунктов (Статья 161..., 2007–2020), характеризуются нарушенным растительным покровом и также заселяются растениями из группы сорных.

Следовательно, мы имеем дело с растениями, произрастающими на местообитаниях с нарушенным почвенным и растительным покровом – на вторичных местообитаниях, разнообразие которых обусловлено типом и степенью нарушенности. Часть из них носит антропогенный характер и включает, помимо вышеназванных,

техногенно-нарушенные земли (строительные площадки, обочины дорог, откосы дамб, карьеры, железнодорожные полотна и насыпи, территории вокруг производственных объектов), селитебные зоны (мусорные места, в том числе свалки бытового мусора, населенные пункты, огороды, сады, кладбища) (Веселова, 2017). Отдельная группа вторичных местообитаний относится к естественно-нарушенным (после землетрясений, природных пожаров, схода селей и лавин, роющей и иной деятельности животных и т. п.), о чем еще в прошлом веке писали как классические ботаники (Гроссгейм, 1948), так и специалисты прикладной ботаники ВИР (Мальцев, 1932, 1962; Никитин, 1983; Ульянова, 1998, 2005). Таким образом, сорные растения – это дикорастущие растения вторичных местообитаний, как антропогенных, с регулярно нарушаемым растительным и почвенным покровом (сегетальные местообитания), или с единожды нарушенным (изредка нарушаемым) растительным и почвенным покровом (рудеральные, пастбищные), так и природных, естественным путем нарушенных местообитаний.

Вышеозначенный подход к сорным растениям значительно расширяет спектр направлений исследований этой группы растений. Обусловленное этим подходом эколого-географическое обоснование формирования региональных видовых комплексов растений вторичных местообитаний (Лунева, Мысник, 2013, 2014, 2015; Лунева и др., 2018, 2019) способствует проведению фитосанитарного районирования сорных растений (Лунева, 2019, 2020, 2022), что, в свою очередь, позволяет разрабатывать многолетний региональный прогноз дальнейшего присутствия этих комплексов сорных растений в изучаемом регионе не на пять лет вперед, как предписывает методика разработки многолетнего прогноза, а в более дальней перспективе (Лунева, 2020).

Полная территориальная совокупность видов растений, приуроченных к экотопам вторичных местообитаний, представляет собой флору вторичных местообитаний, или сорную флору (Лунева, 2021), включающую, как и любая флора, ряд структурных подразделений, формирующихся на различных экотопах, или территориальных подразделениях агроландшафтов. Это благоприятствует разработке многолетнего прогноза произрастания комплексов видов сорных растений в агроклиматических районах областей (Лунева, 2020), на сегетальных и рудеральных местообитаниях (Лунева, 2020), в посевах разных типов полевых культур (Лунева, 2020), что чрезвычайно актуально для защиты растений, но разрабатывается в настоящее время исключительно специалистами ВИЗР.

Принятие понятия «сорная флора» также позволяет осуществлять флористический анализ отдельных подразделений сорной флоры (Мысник и др., 2016, 2018, 2019), а также сравнительный анализ подразделений сорных флор удаленных друг от друга регионов (Лунева, 2020; Третьякова и др., 2021, 2022) для выявления географических закономерностей формирования сорной флоры. Особенно актуальны исследования, включающие ретроспективный анализ сорных флор с характеристикой влияния природных и антропогенных факторов на ее формирование в разные временные периоды, для выявления тенденций и закономерностей ее формирования, но таких работ очень мало (Туганаев, 1977, 1981, 1984; Бочкарев и др., 2013; Третьякова, Кондратков, 2018). Также назрела настоятельная необходимость создания интернет-портала, содержащего результаты изучения разных аспектов сорных растений, для нивелирования дисциплинарных и отраслевых границ в исследованиях и разработках, что является значимым для научно-технологического развития Российской Федерации внутренним фактором.

ИНВАЗИЯ СОРНЫХ РАСТЕНИЙ В АРКТИЧЕСКИЕ ЭКОСИСТЕМЫ ОКР. ПОС. ТИКСИ (РОССИЯ, ЯКУТИЯ)

Е.Г. Николин^{1, 2*}, И.А. Адриан^{2**}, В.В. Петровский^{3***}, Н.А. Секретарева³,
А.К. Сытин³

¹ Институт биологических проблем криолитозоны ФИЦ ЯНЦ СО РАН, Якутск, Россия,
*enikolin@yandex.ru

² Государственный природный заповедник «Усть-Ленский», Тикси, Россия,
**i_yakshina@rambler.ru

³ Ботанический институт им. В.Л. Комарова РАН, Санкт-Петербург, Россия,
***petrovsky@binran.ru

INVASION OF WEEDS IN THE ARCTIC ECOSYSTEMS SURROUNDING TIKSI SETTLEMENT (YAKUTIA, RUSSIA)

E.G. Nikolin^{1, 2*}, I.A. Adrian^{2**}, V.V. Petrovskiy^{3***}, N.A. Sekretareva³, A.K. Sytin³

¹ Yakut Scientific Center of the Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences, Institute for Biological Problems of Cryolithozone, subdivision of the YaSC SB RAS, Yakutsk, Russia,
*enikolin@yandex.ru

² Ust-Lensky State Nature Reserve, Tiksi, Russia, **i_yakshina@rambler.ru

³ Komarov Botanical Institute of the Russian Academy of Sciences, St. Petersburg, Russia,
***petrovsky@binran.ru

В первой сводке по флоре пос. Тикси, расположенного в приустьевой части р. Лена, в числе сорных растений были упомянуты лишь 3 вида: *Descurainia sophioides* (Fisch. ex Hook.) O.E. Schulz, *Tripleurospermum hookeri* Sch. Bip. и *Tephroseris palustris* (L.) Reichenb. (Тихомиров и др., 1966). Последующие посещения специалистами этой территории приносили сведения о заносе туда новых сорных растений: *Elytrigia repens* (L.) Nevski, *Hordeum brevisubulatum* (Trin.) Link, *H. jubatum* L., *Alopecurus arundinaceus* Poir., *Poa pratensis* L., *Puccinellia borealis* Swall., *Leptopyrum fumarioides* (L.) Reichenb., *Arabidopsis bursifolia* (DC.) Botsch, *A Armoracia sisymbrioides* (DC.) Cajand., *Barbarea orthoceras* Ledeb., *Brassica campestris* L., *Dontostemon pinnatifidus* (Willd.) Al-Shehbaz. et H. Ohba, *Draba nemorosa* L., *Raphanus raphanistrum* L., *Sinapis arvensis* L., *Potentilla anserine* L. s. str., *P. multifida* L., *P. pensylvanica* L., *Medicago lupulina* L., *Trifolium repens* L., *Vicia cracca* L., *Linum usitatissimum* L., *Chamaenerion angustifolium* (L.) Holub, *Linaria acutiloba* Fisch. ex Reichenb., *Plantago canescens* Adams, *Achillea millefolium* L., *A. nigrescens* (E. Mey.) Rydb., *Artemisia mongolica* (Bess.) Fisch. ex Nakai, *Jacobaea vulgaris* Gaertn., *Saussurea amara* (L.) DC., *Tanacetum vulgare* L. subsp. *boreale* (Fisch. ex DC.) A. et D. Love, *Taraxacum altaicum* Schischk., *T. ceratophorum* (Ledeb.) DC., *T. longicorne* Dahlst., *T. macroceras* Dahlst. (Арктическая..., 1971–1987; Определитель..., 1974, Флора..., 1987–2003; Секретарева, Сытин, 2006; Николин, Якшина, 2017, 2020). Часть из этих растений проявили стабильность и закрепились на территории, а некоторые из них, такие как *Raphanus raphanistrum*, *Sinapis arvensis*, *Medicago lupulina*, *Linum usitatissimum*, по-видимому, исчезли. Большая часть сорных видов постепенно продвигается в Арктику естественным путем, с юга по реке Лене (Петровский, Секретарева, 2010; Николин и др., 2017; Николин, Якшина, 2021), а некоторые из них заносятся человеком с отдаленных мест в результате жизнедеятельности: завоза грузов, транспортных перемещений и др. Значительная часть из этих растений включены и охарактеризованы в сводке «Сорные растения Якутии: наиболее опасные и агрессивные элементы флоры» (Николин, 2016). Высокий инвазионный потенциал и негативные качества побудили специалистов 8 из выявленных в Тикси видов занести в Черные книги Сибири (2016) и Дальневосточного федерального округа (Виноградова и др., 2021).

БИОЦЕНОТИЧЕСКИЙ СОСТАВ ЛУГОВОЙ РАСТИТЕЛЬНОСТИ ЛЕСОСТЕПИ ЮГА НЕЧЕРНОЗЕМНОЙ ЗОНЫ ПРИ ИЗМЕНЕНИИ УРОВНЯ АНТРОПОГЕННОЙ НАГРУЗКИ

А.Н. Никольский, В.Д. Бочкарев

Национальный исследовательский Мордовский государственный университет
имени Н.П. Огарева, Саранск, Россия, alnik1986@gmail.com

BIOCENOTIC COMPOSITION OF MEADOW VEGETATION IN THE FOREST- STEPPE OF THE SOUTHERN NON-BLACK-EARTH ZONE WITH A CHANGE IN THE LEVEL OF ANTHROPOGENIC IMPACT

A.N. Nikolskiy, V.D. Bochkarev

National Research Mordovia State University, Saransk, Russia, alnik1986@gmail.com

Определение долевого участия биоценоморф в сложении фитоценозов позволяет судить об их устойчивости и приуроченности к определенному экотопу. А.Л. Бельгард (1971) при характеристике биоценоморфного состава флорокомплексов предложил выделять: моноценозы, включающие одну биоценоморфу, псевдомоноценозы, включающую одну биоценоморфу с небольшим количеством видов из других биоценоморф и амфиценозы – растительные группировки, состоящие из различных биоценоморф.

В качестве материалов для анализа биоценоморфного состава использовался отчет флористического состава лугов различных типов Торбеевского района Республики Мордовия (1929–1933 гг.), составленный профессором И.И. Спрыгиным. Собственные исследования проводились в 2013–2016 гг. на стационарных участках в поймах р. Парца и р. Шуструй. Анализ экоморфного состава осуществляли по Н.М. Матвееву (2006).

Проведенный анализ растительности лугов в условиях стабильного уровня антропогенного воздействия в начале 30-х гг. XX в. показал, что биоценотический состав был представлен 8 ценотипами, в которых по числу видов и показателям обилия преобладали пратанты (луговые растения). На краткопоемных лугах по числу видов доминировали пратанты – 29 представителей (52% от всех выявленных видов). На второй позиции находились пратант-рудеранты (сорно-луговые) – 13 видов (23%). Доля степантов (степных растений), палюдантов (болотных) и рудерантов (сорных) в структуре биоценоморфного состава колебалась в пределах от 1 до 5 видов. Доминирующими по числу растений на единице площади и массе на краткопоемных лугах были пратанты – 83 и 86% соответственно. Доля палюдантов, степантов и пратант-рудерантов была незначительной и составляла от 2 до 8% от числа и от 5 до 7% по массе. На долгопоемных лугах основу биоценоморфного спектра составляли пратанты – 27 представителей (51% от всех отмеченных). Значительной была доля пратант-рудерантов 11 видов (21% от всех отмеченных). На данной категории угодий было отмечено 8 видов палюдантов: *Agrostis gigantea* Roth, *A. stolonifera* L., *Glyceria fluitans* (L.) R. Br. и др. Участие рудерантов, сильвант-рудерантов и сильвантов было минимальным от 2 до 9% от всех зафиксированных видов. Определение популяционных показателей биоценоморф выявило, что доминирующими, как по численности, так и по массе (94 и 90%) были виды пратантов. На низинных лугах было также выявлено значительное количество пратантов – 20 видов (48 %), и палюдантов – 13 видов (31%). Число видов пратант-рудерантов, рудерантов и сильвантов было незначительным – от 3 до 4 видов. 75% от числа растений в фитоценозах и 65% от массы приходилось на долю пратантов, на долю палюдантов – 21 и 29% соответственно. На суходольных лугах доминирующей по числу отмеченных видов была группа пратантов – 38 видов (48%). Значительную долю занимали пратант-рудеранты, рудеранты (20 и 28%). Анализ популяционных показателей выявил, что 92%

от числа растений и 91% от их массы занимали пратанты. Таким образом, луга в изучаемый период при систематическом использовании представляли собой псевдомоноценозы, с доминирующей ролью соответствующей местообитанию ценоморфы.

В современных условиях при снижении антропогенной нагрузки, состав ценоморф, как по видовому спектру, так и обилию претерпел значительные изменения. На краткопоемных лугах доля видов пратантов снизилась по сравнению с первым периодом обследований на 19% (до 21 вида). Значительно расширилось число рудерантов (с 4 до 14) и силвант-рудерантов (с 1 до 4 видов). Появились ранее неотмеченные силванты (5 видов), среди которых: *Agrimonia eupatoria* L., *Fragaria viridis* Weston, *F. vesca* L., *Campanula rotundifolia* L. Полностью выпали из сообщества виды палюдантов. Рудеранты стали занимать до 4% от общего числа и до 7% от массы растений краткопоемных лугов, силванты 2 и 7% соответственно.

На долгопоемных лугах число видов пратантов уменьшилось с 27 до 21 вида. Выпали из сообщества степанты: *Medicago falcata* L., *Galium verum* L., *Koeleria macrantha* (Ledeb.) Schult. Появились ранее не отмечавшиеся силванты: *Carex pilosa* Scop., *C. cespitosa* L., *C. hirta* L. Число видов палюдантов, пратант-рудерантов, рудерантов осталось на прежнем уровне. В фитоценозах значительно снизилось число растений пратант-рудерантов, при этом увеличилась доля силвантов до 2% от общего числа растений и до 8% их массы, также увеличились показатели обилия палюдантов за счет таких видов, как *Equisetum fluviatile* L., *Galium palustre* L., *Carex vesicaria* L. и др. При снижении антропогенного воздействия на низинных лугах были отмечены следующие изменения. Число видов палюдантов снизилось с 13 до 6, не отмечались *Agrostis gigantea*, *A. stolonifera* L., *Epilobium palustre* L. и др. Количество пратантов снизилось с 20 до 15 видов, пратант-рудерантов с 7 до 4, появились ранее не отмеченные силванты: *Carex cespitosa*, *C. hirta*. При сравнении с первым туром обследований доля палюдантов снизилась на 14% по плотности популяции и на 15% по массе. Возросло доленое участие пратантов до 86% от числа и массы до 76% от массы растений. В формировании популяционных показателей увеличилась доля ранее не отмечавшихся силвантов до 5% от числа и 9% от массы растений на единице площади.

На суходольных лугах так же произошли значительные изменения. Число палюдантов снизилось с 6 до 1, пратантов с 38 до 22 видов. Состав пратант-рудерантов увеличился с 12 до 16, рудерантов – с 7 до 22 видов. Анализ популяционных показателей выявил, что в снижении антропогенного воздействия доля растений пратантов по сравнению с первым периодом снизилось с 92 до 79% от общего числа и с 91 до 73% от массы растений. Пратант-рудеранты стали занимать до 16% от числа и массы растений на единице площади, силванты до 4 и 6% соответственно. Таким образом, данные категории угодий при снижении антропогенного воздействия из псевдомоноценозов перешли в амфиценозы, для которых характерно отсутствие ассоциированности между видовыми биоценопопуляциями.

Исследования показали, что в связи с прекращением антропогенного воздействия произошло изменение биоценоморфного состава лугов всех изучаемых категорий, как по видовой структуре, так и показателям обилия ценоморф. Установлено снижение числа видов и обилия пратантов. Экологические ниши характерные для пратантов стали занимать нетипичные для луговой растительности рудеральные виды: *Cirsium setosum* (Willd.) Besser, *Taraxacum officinale* F.H. Wigg., *Sonchus arvensis* L., *Convolvulus arvensis* L., *Erigeron annuus* (L.) Desf. и др. В фитоценозах в результате начала автогенной сукцессии стали произрастать силванты, не встречавшиеся при систематическом использовании лугов в начале 30-х годов XX века. Изменение экологических условий, связанное с наметившимся потеплением климата, снижением уровня выпадения осадков в период вегетации, слабой интенсивностью разлива рек, способствовали снижению числа и обилия видов палюдантов.

ИЗМЕНЕНИЕ ФЛОРИСТИЧЕСКОГО СОСТАВА СЕГЕТАЛЬНОЙ РАСТИТЕЛЬНОСТИ В АГРОФИТОЦЕНОЗЕ ОЗИМОЙ ПШЕНИЦЫ В ЗАВИСИМОСТИ ОТ АГРОГЕННОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ

В.М. Передериева, А.П. Шутко

Ставропольский государственный аграрный университет, Ставрополь, Россия,
perederieva@yandex.ru

CHANGES IN THE FLORAL COMPOSITION OF SEGETAL VEGETATION IN THE WINTER WHEAT AGROPHYTOCENOSIS DEPENDING ON THE AGROGENIC EFFECT

V.M. Perederieva, A.P. Shutko

Stavropol State Agrarian University, Stavropol, Russia, perederieva@yandex.ru

Сегетальная растительность, являясь частью агрофитоценозов, с течением времени претерпевает эволюционные изменения в качественном и количественном отношении. Динамика сегетального сообщества происходит при изменении окружающей среды за счет воздействия комплекса факторов биотического и абиотического свойства. Агрогенное воздействие на агрофитоценозы многогранно, оно обусловлено характером элементов технологии возделывания культуры. Разнообразие приемов и глубины основной обработки почвы, выполненных различными способами и орудиями, приводит к систематическому нарушению почвенного покрова, изменению условий произрастания культуры и сорных растений, как компонентов растительного сообщества. Отсюда следует степень выраженности и динамики изменений, происходящих в агрофитоценозе.

Исследования проводились в многолетнем многофакторном стационарном опыте в учебно-опытном хозяйстве Ставропольского ГАУ. Почвенный покров опытного участка представлен черноземом выщелоченным тяжелосуглинистым, почвенно-климатическая зона неустойчивого увлажнения, в среднем за год выпадает более 600 мм осадков. В качестве объекта исследований были взяты сорные растения в агрофитоценозе озимой пшеницы. Предметом исследований служили приемы основной обработки почвы: вспашка с оборотом пласта на 20–22 см; безотвальное рыхление на 20–22 см (с 2011 года комбинированная обработка на 16–18 см); дискование на 10–12 см.

Анализ данных по выявлению стабильности агрофитоценозов при длительном применении одних и тех же приемов основной обработки под озимую пшеницу проведен за двадцатилетний период с 2000 по 2020 год. За это время изменилась видовая насыщенность агрофитоценозов, а также произошла смена доминантов. Изначально сообщество состояло из 17–19 видов, преимущественно обладающих признаками г-стратегов и относящихся в основном к биологическим группам зимующих и яровых ранних сорняков. Среди них доминировали воробейник полевой (*Buglossoides arvensis* L. Johnst.) и василек синий (*Centaurea cyanus* L.). Количество сорняков, принадлежащих к данным видам, составляло 42–51% от общего количества с незначительной разницей по вариантам обработки почвы, встречаемость при этом достигала 77–83%. К содоминирующим видам были отнесены подмаренник цепкий (*Galium aparine* L.) и вероника плющелистная (*Veronica hederifolia* L.), доля которых в количественном отношении составляла 22–25% от общей численности. Из многолетних сорняков в структуре сорного сообщества преобладали осот полевой (*Sonchus arvensis* L.), осот розовый (*Cirsium arvense* (L.) Scop.), вьюнок полевой (*Convolvulus arvensis* L.), лютик ползучий (*Ranunculus repens* L.), их количество в посевах находилось в диапазоне 9–11% в зависимости от приемов обработки почвы.

Длительное воздействие на почву (20 лет) одинаковыми приемами и глубиной привело к существенному изменению сорного сообщества. После дискования на 10–12 см

и комбинированной обработки почвы на 16–18 см не выявлены в посевах озимой пшеницы первоначально произрастающие такие однолетние виды как асперуга простертая (*Asperugo procumbens* L.), жабник полевой (*Filago arvensis* L.), герань рассеченная (*Geranium dissectum* L.), ромашка продырявленная (*Matricaria perforata* Merat). В варианте с отвальной вспашкой эти виды сохранились, но встречаются в единичных экземплярах, что, скорее всего, обусловлено запасом семян в более глубоком слое почвы и ежегодном их перемещении на поверхность, с которой они прорастают. Отвальная обработка почвы позволила практически полностью избавиться от корнеотпрыскового многолетника резака обыкновенного (*Falcaria vulgaris* Bernh.) и снизить плотность популяции ранее установленных видов из этой биологической группы. За указанный промежуток времени в посевах озимой пшеницы на всех вариантах опыта появились и нашли широкое распространение ранее не произраставшие озимые сорные растения из семейства мятликовых (Poaceae), такие как метлица обыкновенная (*Apera spica-venti* (L.) Beauv.) и эгилопс цилиндрический (*Aegilops cylindrica*). После дискования почвы количество сорняков данных видов на 15–20% выше, чем после вспашки. В целом многообразие видов сорняков на варианте с систематическим применением вспашки уменьшилось на 21,1%, после дискования – на 10,6%, комбинированная обработка почвы в этом отношении занимает промежуточное значение.

Происходит изменение в доминировании сорных видов. На всех вариантах опыта в сорном компоненте агрофитоценоза озимой пшеницы доминирующую нишу заняли однолетние зимующие сорняки василек синий (*Centaurea cyanus*) и подмаренник цепкий (*Galium aparine*). Воробейник полевой (*Buglossoides arvensis*) утратил численность и распространенность по полю, встречаемость отмечена на уровне 2-3%. Среди многолетних сорняков k-стратегов стабильных доминантов в сообществе не установлено, отмечаются колебания численности видов по годам. В количественном отношении мелкая обработка почвы дисковым орудием приводит к увеличению в агрофитоценозе корнеотпрысковых сорняков на 20–22% по сравнению со вспашкой.

Изменения в сообществе сорных растений в агрофитоценозе озимой пшеницы являются следствием формирования различных агрофизических и водно-физических свойств на фоне длительной обработки почвы с помощью неизменных приемов. Этому способствуют также изменения климатических условий. Тренд температуры имеет восходящий характер со скоростью до +0,34°C/10 лет. Годовое количество осадков по сравнению с нормой также имеет положительную динамику, что меняет условия для формирования агрофитоценоза.

ДИНАМИКА АДВЕНТИВНОГО КОМПОНЕНТА ФЛОРЫ Г. БАРНАУЛА ЗА ПОСЛЕДНИЕ 90 ЛЕТ

Т.А. Терехина, Н.В. Овчарова

Алтайский государственный университет, Барнаул, Россия, kafbotasu@mail.ru,
ovcharova_n_w@mail.ru

DYNAMICS OF THE ADVENTIVE COMPONENT IN THE FLORA OF BARNAUL OVER THE LAST 90 YEARS

Т.А. Terekhina, N.V. Ovcharova

Altai State University, Barnaul, Russia, kafbotasu@mail.ru, ovcharova_n_w@mail.ru

В современном мире стремительно идет процесс урбанизации. Барнаул (Алтайский край) существует с 1771 года – узел железных дорог Турксиба и Южсиба (линии на Семипалатинск, Кулунду, Новосибирск, Новокузнецк, Бийск). Наличие железнодорожного сообщения с другими районами резко усиливает возможность проникновения в регион адвентивных растений. В 1930-х годах во флоре города насчитывалось около 800 видов высших растений. В процессе формирования города исчез ряд местообитаний конкретных видов. Изменения, происходящие во флоре города, носят глубокий и необратимый характер.

В работе использован «Список растений окрестностей Барнаула», составленный В.И. Верещагиным в 1930–1950-е годы. Нами были повторены все маршруты экскурсий В.И. Верещагина в течение 1980–1990-х годов и опубликован список флоры (Терехина, Копытина, 1996). В настоящее время во флоре города насчитывается около 900 видов. В то же время растет доля адвентивных растений, которых в настоящее время насчитывается 210, тогда как 90 лет назад их было всего 67. Флора включает 48 семейств адвентивных растений, тогда как ранее их было всего 23. Причем следует отметить, что большинство семейств адвентов содержит не более 1-2 видов. Только 10 семейств насчитывают значительное число видов: Asteraceae (32), Cruciferae (26), Poaceae (16), Fabaceae (14), Rosaceae (14), Chenopodiaceae (9), Caryophyllaceae (8), Solanaceae (9), Lamiaceae (8), Boraginaceae (5).

Среди новых появившихся адвентивных видов сложноцветных: *Ambrosia artemisifolia* L., *Arctium minus* (Hill) Bernh., *Callistephus chinensis* (L.) Nees, *Centaurea apiculata* Ledeb., *C. cyanus* L., *C. diffusa* Lam., *Cosmos bipinnatus* Cav., *Helianthus tuberosus* L., *Heliopsis helianthoides* (L.) Sweet, *Cyclachaena xanthifolia* (Nutt.) Fresen, *Pilosella aurantiaca* (L.) F.W. Schultz et Sch. Bip., *Rudbeckia hirta* L., *R. laciniata* L., *Solidago Canadensis* L. и др. Причем два адвентивных вида на нашей территории отнесены в Балтийском регионе к объектам охраны и включены в Красную книгу (*Centaurea jacea* L., *Artemisia absinthium* L.).

Адвентивные крестоцветные также значительно увеличили свою численность с 14 до 26. Среди вновь появившихся: *Brassica napus* L., *Camelina macrocarpa* Wiersb. ex Reichenb., *Capsella orientalis* Klok., *Eruca sativa* Mill., *Hesperis pycnotricha* Bobr. et Degen, *Lepidium sativum* L., *Lobularia maritima* (L.) Desv., *Raphanus raphanistrum* L., *R. sativus* L., *Rorippa sylvestris* (L.) Bess., *Sisymbrium volgense* M. Bieb. ex Fourn., *Velarum officinale* (L.) Reichenb. и др.

Среди злаков появились следующие адвенты: *Eragrostis amurensis* Probat., *Hordeum murinum* L., *H. jubatum* L., *Panicum miliaceum* L., *P. ruderales* (Kitag.) Chang, *Poa compressa* L., *Zizania aquatic* L. subsp. *angustifolia* (Hitchc.) Tzvel. и др. *Bromus secalinus* L. отнесен к охраняемым видам в Балтийских регионах.

Семейство розоцветные в начале прошлого века вообще не включало адвентов на территории города, однако многие виды культивировались и по прошествии

значительного времени эти культивируемые виды стали беглецами культуры и широко распространились. *Amelanchier spicata* (Lam.) K. Koch., *Aronia mitschurinii* A. Skvorts. et Maitull., *Cerasus fruticosa* Pall., *C. vulgaris* Mill. благодаря птицам и хорошему вегетативному размножению активно расселяются по частным подворьям и в нагорной части бора. *Amygdalus nana* L. образует большие скопления на заброшенных участках и активно расселяется. *Malus baccata* (L.) Borkh. и *M. domestica* Borkh. образуют большие скопления в нагорной части бора и в пойменных лесах реки Оби. *Sorbaria sorbifolia* A. Br. активно расселяется по дворам в районах старой застройки и в бору. Наши адвенты *Cerasus fruticosa*, *Amygdalus nana*, *Malus baccata* внесены в красные книги на севере Европейской части России.

Адвентивные представители малочисленных семейств (Onagraceae, Ulmaceae, Grossulariaceae, Aceraceae, Oleaceae, Elaeagnaceae, Salicaceae, Cucurbitaceae, Vitaceae, Tiliaceae, Euphorbiaceae, Papaveraceae, Fagaceae, Juglandaceae, Rutaceae, Linaceae, Oxalidaceae, Balsaminaceae, Hydrangeaceae, Hydrophyllaceae, Scrophulariaceae, Campanulaceae, Convolvuliaceae, Commelinaceae, Plantaginaceae) играют значительную роль в формировании растительного покрова города.

Активно внедряются в пригородные леса, цветут, плодоносят, по высоте достигая 5–7 метров *Quercus robur* L., *Tilia cordata* Mill., *Acer negundo* L. Клен американский стал практически разрушителем сообществ соснового леса в окрестностях города.

Acer ginnala Maxim., *A. tataricum* L., *Ulmus glabra* Huds., *U. laevis* Pall., *U. pumila* L., *Fraxinus pensylvanica* March. активно расселяются в полуразрушенных лесополосах рядом с садоводствами и на пустырях. В подлеске лесополос хорошо разрастается и стелется по земле *Parthenocissus quinquefolia* (L.) Planch. *Acer platanoides* L. дает жизнеспособный подрост под рядом стоящими кустарниками на садовых участках и в лесополосах. Благодаря деятельности грызунов орехи *Juglans mandshurica* Maxim. далеко перемещаются от высаженного материнского растения, растут и хорошо развиваются.

Значительный вклад в адвентизацию флоры города внесли декоративные травянистые растения, которые стали самостоятельно расселяться и формировать отдельные ценопопуляции. Среди них: *Aquilegia vulgaris* L., *Consolida orientalis* (J. Gay) Schröding, *Dianthus barbatus* L., *Reynoutria sachalinensis* (F. Schmidt) Nakai, *Bryonia alba* L., *Echinocystis lobata* (Michx.) Torr. et Gray, *Euphorbia marginata* Pursh, *Lupinus polyphyllus* Lindl., *Linum perenne* L., *Xanthoxalis stricta* (L.) Small, *Impatiens glandulifera* Royle.

Во флоре города за последние несколько лет некоторые виды значительно увеличили свою численность и освоили новые местообитания. Так, с садовых участков и огородов переместились на обочины дорог *Portulaca oleracea* L., *Solidago Canadensis* L. и *Pastinaca sylvestris* Mill. Ранее редко встречаемый *Conium maculatum* L. стал чаще встречаться на рудеральных местообитаниях рядом со свалками органического мусора.

Таким образом, за последние 90 лет количество адвентов во флоре города Барнаула увеличилось в три раза преимущественно за счет беглецов культуры.

Исследование выполнено в рамках реализации Программы поддержки научно-педагогических работников ФГБОУ ВО «Алтайский государственный университет», проект «Мониторинг фитоинвазий Алтайского края для разработки регионального подхода прогнозирования появления и расселения видов-инвайдеров».

КОЛЛЕКЦИИ БОТАНИЧЕСКИХ САДОВ – ИСТОЧНИКИ СОРНЫХ И/ИЛИ ИНВАЗИВНЫХ ВИДОВ С ЦЕННЫМИ ХОЗЯЙСТВЕННО- ПОЛЕЗНЫМИ СВОЙСТВАМИ

К.Г. Ткаченко

Ботанический институт им. В.Л. Комарова РАН, Санкт-Петербург, Россия,
ktkachenko@binran.ru

COLLECTIONS OF BOTANICAL GARDENS AS SOURCES OF WEEDS AND/OR INVASIVE SPECIES WITH VALUABLE AGRONOMIC PROPERTIES

K.G. Tkachenko

Komarov Botanical Institute of the Russian Academy of Sciences, St. Petersburg, Russia,
ktkachenko@binran.ru

Ботанические сады – мировые центры сохранения и изучения биологического разнообразия растений. Их главная миссия – сбор, изучение и коллекционирование живых растений, внедрение в озеленение (урбанофлористика, зимние сады, озеленение интерьеров), рекомендации для выращивания растительного сырья для разных отраслей промышленности. Каждый ботанический сад гордится своими коллекциями, которые постоянно формируются и развиваются, пополняются новыми видами, образцами, сортами и разновидностями. Анализ многолетних данных по интродукционному испытанию иноземных видов дает оценку перспектив успешности их выращивания в новых условиях. Ботанические сады и частные коллекции любителей редких и экзотических растений, в настоящее время являются центрами возникновения новых гибридов, которые в перспективе могут стать новыми инвазионными видами. Важно учитывать, что число видов, которые будут адаптироваться к новым условиям, станет больше, ибо отмечается потепление климата.

Через коллекции Ботанического сада Ботанического института им. В.Л. Комарова РАН за его более чем 300-летнюю историю (с 1713 г.) прошло интродукционное испытание не менее 40 тысяч таксонов, в настоящее время в Ботаническом саду (в коллекциях открытого и закрытого грунта) насчитывается порядка 17 тысяч. Результат деятельности сада – в ассортимент и практику садового озеленения за этот период введено порядка 3500 видов. На научно-опытных станциях (научно-опытная станция БИН РАН «Отрадное» в Ленинградской области и в Пятигорске, на базе Перкальского арборетума) выращивали порядка 2000 видов: кормовые, дубильные, пряные, лекарственные и декоративные. Некоторые из них «ушли в природу» и получили статус инвазивных (например, виды рода *Heracleum*).

Некоторые примеры видов, «ушедших» из коллекций, которые становятся в некоторых регионах инвазивными, и их включают в региональные «Черные книги»:

Aconogonon weyrichii (Fr. Schmidt) H. Hara (*Polygonum weyrichii* Fr. Schmidt.) – вид, вводимый в первичную культуру изначально как техническое (дубильное) растение, затем испытывали его как кормовое. Широкую популярность эти растения получили и как декоративные, которые высаживали вокруг загородных домов, дачных участков, на кладбищах. В Санкт-Петербурге и Ленинградской области распространяются и другие виды этого рода – *A. savatieri* (Nakai) Tzvel., *A. divaricatum* (L.) Nakai ex T. Mori, которые ранее выращивали как перспективные дубильные виды растений. Эти виды хорошие перга-и медоносы.

Asclepias syriaca L. – вводили как техническое растение для получения каучука, коричневого красителя, жирного и эфирного масла. Из соцветий – эфирное масло. В 30-х годах XX века пух (паппус) предлагали использовать для утепления одежды полярников вместо гагачьего пуха (он не намокает и хорошо держит объем; шел для набивки мягкой

мебели и игрушек); из стеблей производили волокна для грубых тканей, веревки. Отличный медонос.

Symphytum caucasicum M. Bieb. – во многих регионах страны стали выращивать как кормовое и декоративное растение. В современной медицинской практике средства из окопника используют в клинической стоматологии. Налажен выпуск препаратов, разрешенных к применению. В народной медицине окопник используют широко.

Impatiens glandulifera Royle – в Финляндии уже несколько лет числится в «черных списках». Недотрога обладает выраженным мочегонным действием, выводит из организма лишнюю жидкость, облегчая состояние при отеках и подагре; растворяет и вымывает соли. Благодаря этому улучшается подвижность суставов при ревматизме; отступают желчнокаменная и мочекаменная болезни. Бальзамин применяют и в народной медицине.

Sorbaria sorbifolia (L.) A. Braun – популярное растение для озеленения общественных территорий, высаживают в парках и скверах как декоративное. Препараты отвара корней в народной медицине применяют при кровотечениях, суставном ревматизме, в борьбе с глистами. В лечебных целях используют корни, кору, ветки и листья. Отвар корней (ванночки) помогает при кандидозах стоп. Созданы декоративные сорта.

Lupinus polyphyllus Lindl. – изучали и использовали как кормовое растение. Продукты питания на основе люпина, предотвращают ожирение, сахарный диабет. Люпиновая мука (из семян) и белковая паста применяются при производстве макаронных и кондитерских изделий, в заменителях молока, соусах, используют при изготовлении продуктов детского питания и питания для диабетиков. Масло семян – сырье для лакокрасочной, пластмассовой и мыловаренной промышленности. Возможно использование алкалоидов люпина в качестве естественного инсектицида для борьбы с клещами в ветеринарии, а его экстрактов – для регулирования роста растений. Созданы декоративные сорта люпина.

Среди видов, высаживаемых на дачных и придомовых участках как декоративные, теперь же «уходящие» и дичающие вокруг населенных пунктов, можно отметить *Asparagus officinalis* L. Этот вид находит применение как овощное, пищевое, лекарственное и декоративное. Но скорость распространения невелика, и это растение не вызывает никаких аллергических или иных патологических реакций у человека и животных.

На полях, в том числе освобожденных от борщевика Сосновского, распространяется семенами и корневищами *Solidago Canadensis* L. Этот вид включают в «Черные списки» инвазионных видов. Тем не менее он применяется в официальной медицине и входит в состав ряда комплексных препаратов (Марелин, Фитолизин, Простанорм и др.). Растение обладает ранозаживляющим, антисептическим, болеутоляющим действием, применяется для терапии желчнокаменной болезни, заболеваний выделительной системы, холецистита.

Никак нельзя игнорировать такие «центры» распространения интродуцированных видов растений в природные ценозы, как территории захоронений (особенно деревенские кладбища); много растений туда приносят во время весенне-летних или осенних ритуалов. А во время сезонных чисток этих территории многие виды оказываются выброшены на свалки. И таким образом в дикую природу попадают *Asparagus officinalis*, *Solidago canadensis*, *Bergenia* sp., *Hemerocallis* sp., *Sedum* sp., *Phlox* sp., *Hosta* sp., *Vinca* sp., *Reynoutria japonica*, *Athyrium niponicum* 'Pictum', 'Metallicum Pictum', 'Silver Falls', и *Matteuccia struthiopteris*. Многие эти растения вполне благополучно растут и развиваются вокруг мусорных свалок, цветут, плодоносят и медленно, но все же распространяются вокруг.

Многие виды интродуцированных растений, что признаны (или признаются) инвазивными, в настоящее или ближайшее время могут быть активно использованы для нужд народного хозяйства, для переработки и производства продукции разного назначения. Сбор растительного сырья сорных и/или инвазивных видов для их

дальнейшей переработки будет ограничивать свободное распространение этих видов растений на территории нашей области.

Работа выполнена в рамках госзадания по плановой теме «Коллекции живых растений Ботанического института им. В.Л. Комарова РАН (история, современное состояние, перспективы развития и использования)» – 122011900031-0.

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ АНАЛИЗА ФЛОРИСТИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ ДЛЯ СОЗДАНИЯ КЛАССИФИКАЦИИ И ПРОГНОЗА СОСТОЯНИЯ ФЛОР АГРОФИТОЦЕНОЗОВ

В.К. Тохтарь, В.Н. Зеленкова

Белгородский государственный национальный исследовательский университет, Белгород,
Россия, tokhtar@bsu.edu.ru

USING THE ANALYSIS OF FLORAL PARAMETERS TO DEVELOP A CLASSIFICATION AND FORECAST THE STATE OF AGROPHYTOCENOSIS FLORAS

V.K. Tokhtar, V.N. Zelenkova

Belgorod National Research University, Belgorod, Russia, tokhtar@bsu.edu.ru

В настоящее время существуют различные подходы для оценки и прогнозирования состояния флор различного уровня, однако анализу агробиоценозов в различных типах посевов уделено все еще недостаточно внимания как в иностранной, так и отечественной литературе.

Целью данного исследования было выявление особенностей формирования флоры агрофитоценозов юго-запада Среднерусской возвышенности посредством исследования ее таксономической структуры и проведения процедуры классификации флор агрофитоценозов региона.

Во время флористических обследований агрофитоценозов (2017–2022 гг.) в Белгородской области был изучен растительный покров 105 полей в 20 районах региона. В результате проведенных исследований выявлена таксономическая и типологическая структура флоры агрофитоценозов региона, проведена оценка встречаемости видов в этих условиях. Флористический состав антропогенно нарушенных территорий обычно достаточно сильно отличается от аборигенной флоры и представлен преимущественно растениями с широкой экологической амплитудой.

В ходе проведения исследования флор агрофитоценозов было выявлено восемь новых видов, ранее не отмеченных для региона: *Amaranthus graecizans* L., *Eriochloa villosa* (Thunb.) Knuth., *Sorghum halepense* (L.) Pers., *Dianthus stenocalyx* (Trautv.) Juz., *Epilobium tetragonum* subsp. *lamyi* (F.W. Schultz) Nyman, *Berula erecta* (Huds.) Coville, *Ipomoea hederacea* (L.) Jacq. *Cirsium ukrainicum* Bess. Дубликаты гербарных сборов переданы в Гербарии МНА, ЦЧЗ. Фотофиксация растений проводилась на платформе Inaturalist.org., где автоматически привязываются GPS координаты, доступны точечные карты наблюдений по видам или по коллекторам, а также информация о подтверждении и идентификации специалистами.

Таксономическая структура исследованной флоры представлена 49 семействами, 200 родами, в состав которых входит 313 видов. На первые места в спектре семейств флоры выходят представители Asteraceae, Poaceae, Brassicaceae, Caryophyllaceae, Chenopodiaceae, Fabaceae, Boraginaceae, Lamiaceae, Amaranthaceae, Ranunculaceae, Euphorbiaceae. Доминирование сложноцветных и злаков в приведенном флористическом спектре в целом типично для различных территорий Восточно-Европейской провинции Циркумбореальной флористической области. Третье место семейства Brassicaceae указывает на наличие особых, экстремальных для растений условий произрастания и наличие значительного числа чужеродных видов.

В ходе проведения исследований нами впервые для региона разработана классификация флор агрофитоценозов, которая позволила разделить флоры согласно их структурным особенностям. В классификационной схеме флор агрофитоценозов

выделены различные классы, виды, подвиды и группы флор в зависимости от комплекса отличающихся действующих на их формирование факторов.

Установлено, что флоры агрофитоценозов региона существенно отличаются друг от друга и представляют собой две большие относительно однородные группы флор (классы), формирующиеся в зависимости от типа хозяйствования сельскохозяйственных производителей. Видовой состав флор, формирующихся в условиях сельскохозяйственных полей, которые находятся в ведении крупных агрохолдингов, существенно отличается от флор агрофитоценозов на сельскохозяйственных полях фермерских хозяйств.

Классификация флор агрофитоценозов основана на результатах анализа сходства и различия видовых составов и структур флор и может быть использована для составления вероятностного прогноза развития флор. Полученные результаты свидетельствуют о том, что основными факторами, способствующими формированию различных классов, видов, подвидов и групп флоры агрофитоценозов на разных уровнях их организации, являются тип собственности (агрохолдинги, фермерские хозяйства, залежные земли); сельскохозяйственные технологии для конкретной сельскохозяйственной культуры (пропашные культуры и культуры непрерывного посева) и пространственная дифференциация растительного покрова в пределах сельскохозяйственных полей.

Использование анализа флористических параметров позволяет провести процедуры классификации флор по ряду значимых для их формирования характеристик. Соотнесение основных действующих факторов с изменением структур флор позволяет не только связать эти параметры между собой, но и осуществлять вероятностный прогноз состояния флор в зависимости от силы действия антропогенных факторов.

Таким образом, последовательная реализация плана исследования для создания вероятностного прогноза состояния флор агрофитоценозов в конкретных условиях среды при определенном типе хозяйствования предполагает первоначальное выявление структур флор, их классификацию, определение характера и интенсивности действия сопутствующих антропогенных факторов. Связь этих параметров в дальнейшем позволяет прогнозировать структурные изменения флоры в зависимости от типа и интенсивности антропогенного воздействия.

Исследование выполнено на базе УНУ НОЦ «Ботанический сад НИУ «БелГУ».

ТЕНДЕНЦИИ ИЗМЕНЕНИЯ ЦЕНОФЛОРЫ СЕГЕТАЛЬНЫХ СООБЩЕСТВ ЮЖНОГО УРАЛА ЗА ПОСЛЕДНИЕ 70 ЛЕТ

Г.Р. Хасанова^{1*}, С.М. Ямалов²

¹ Уфимский федеральный исследовательский центр Российской академии наук, Башкирский научно-исследовательский институт сельского хозяйства – обособленное структурное подразделение УФИЦ РАН, Уфа, Россия, *gulnazrim@yandex.ru

² Уфимский федеральный исследовательский центр Российской академии наук, Южно-Уральский ботанический сад-институт – обособленное структурное подразделение УФИЦ РАН, Уфа, Россия,

THE TRENDS OF CHANGES IN THE FLORA OF SEGETAL COMMUNITIES IN THE SOUTH URALS DURING THE LAST 70 YEARS

G.R. Khasanova^{1*}, S M. Yamalov²

¹ Ufa Federal Research Center of the Russian Academy of Sciences, Bashkir Research Institute of Agriculture, subdivision of the UFRS RAS, Ufa, Russia, *gulnazrim@yandex.ru

² Ufa Federal Research Center of the Russian Academy of Sciences, South-Ural Botanical Garden–Institute, subdivision of the UFRS RAS, Ufa, Russia

Фитоценотические и флористические исследования сегетальной флоры и растительности Южного Урала ведутся в течение длительного времени, были начаты с 1930-х годов (Дмитриев, 1937). Наиболее полную информацию содержат работы, выполненные в 1960-годы Р.Г. Минибаевым; исследования 1980-х годов, выполненные группой геоботаников под руководством Б.М. Миркина, а также современные результаты авторов.

За основу исследования были взяты результаты фитоценологических и флористических исследований, проведенных авторами с 2002 по 2022 гг., база данных исследований, выполненных с 1955 по 1968 г. Р.Г. Минибаевым и группой геоботаников под руководством Б.М. Миркина с 1980 по 1983 г. На основе этих материалов была создана база данных сорно-полевых сообществ Южного Урала и сопредельных территорий.

Анализ динамики изменения ценофлоры сегетальных сообществ Южного Урала выполнен по трем условным временным периодам соответствующие этапам развития российского земледелия: I этап (1950–1960 гг.) – соответствует экстенсивной системе земледелия, где расширение пахотных площадей велось за счет освоения целины и залежных земель; II этап охватывает 1970–1980 годы, с интенсивной системой земледелия, с большим объемом химизации, внедрения севооборотов с разными культурами и сортами. Более длительный III этап включает 1990–2020 гг., здесь система земледелия претерпевает ряд значительных изменений. В начале этого этапа в 1990-е годы наблюдается определенное снижение уровня «культуры» земледелия – резкое снижение применяемых пестицидов и нарушение агротехники, несоблюдение севооборотов и увеличение площадей залежных земель, что в первую очередь отразилось на фитосанитарном состоянии посевов сельскохозяйственных культур. В настоящее время современное земледелие имеет несколько направлений, это адаптивно-ландшафтные системы земледелия, основанные на рациональном использовании земель на уровне полей севооборотов, развиваются направления, ориентированные на «экологизацию» и «биологизацию» земледелия и технологии точного земледелия с современными цифровыми технологиями, техникой и оборудованием.

Природные условия исследуемой территории характеризуются резко континентальным климатом. Геоморфологический фон рельефа территории определяется

двумя типами мегарегиона: равнинным и горным, где прослеживаются три геоботанические зоны растительности: лесная, лесостепная и степная.

Для сравнительно-флористической оценки видового состава флор была использована интегрированная ботаническая система IBIS (Зверев, 2007). Анализ флоры был проведен по общепринятым методикам (Толмачев, 1986 и др.). Биоморфологическая структура флор анализировалась по К. Раункьеру (Raunkiaer, 1934) с дополнениями и И.Г. Серебрякову (Серебряков, 1962).

При проведении флористического анализа использовалась сводка П.В. Куликова «Конспект флоры Челябинской области» (2005). Адвентивные виды анализировались на основе литературных источников (Григорьевская и др., 2004; Куликов, 2005; Нотов, 2009; и др.).

С 1950-х годов в сегетальных сообществах Южного Урала зарегистрировано в целом 483 вида растений, относящихся к 282 родам и 49 семействам высших растений, где доминируют двудольные растения класса Magnoliopsida (88,08%).

Динамика таксономического спектра показывает снижение числа видов в ценофлоре сегетальных сообществ в течение 70 лет с 394 до 211, при этом наиболее низкий показатель приходится на 1980-е годы – 139 видов. Такая же тенденция сохраняется относительно показателя «число родов», на I этапе было богатое разнообразие родов (257), которое более чем в два раза уменьшилось к II этапу – 109 и незначительно повысилось к III этапу до 148 родов. Количество семейств насчитывало 46, далее снизилось до 30 и сохранилось до современного этапа. Наиболее представительными семействами являются Asteraceae, Poaceae, Lamiaceae, Brassicaceae, Fabaceae.

В ценофлоре сегетальных сообществ с 1950-х полностью исчезли виды рода *Cuscuta* (*Cuscuta campestris*, *C. epilinum*, *C. epithymum*, *C. europaea*), среди которых *C. epilinum* является специализированным сорняком посевов льна, в настоящее время не встречающимся на Южном Урале. С 1950-х годов до 1980-х исчезли многие другие т. н. архаические сегеталы – *Agrostemma githago*, *Bromus arvensis*, *B. secalinus*, *Camelina pilosa*, *Rhynanthus apterus*, *Spergula maxima*, *Vaccaria hispanica* и др. Богатое разнообразие сегетальной флоры 1950-х годов формировалось за счет апофитов из вновь освоенных земель, где виды естественной растительности долго удерживались в посевах. Закономерное уменьшение числа видов к настоящему времени, связана с выпадением апофитов в связи с интенсификацией сельского хозяйства и изменением агротехнологий.

Значительное изменение произошло в составе ядра ценофлоры (виды с постоянством в сообществах выше 20%) на временном отрезке от 1950-х до 2000-х гг. Наиболее массовые сегетальные виды (*Amaranthus retroflexus*, *Chenopodium album*, *Cirsium setosum*, *Euphorbia virgata*, *Lactuca tatarica*, *Convolvulus arvensis*, *Avena fatua*, *Setaria viridis*, *Tripleurospermum perforatum*), имеющие высокое постоянство во многих природных зонах, сохраняют свои позиции на всем изученном временном промежутке.

Группа видов, характерных для сообществ 1950-х гг. – самая многочисленная (35 видов). В своем большинстве виды, в нее входящие, являются мезофитами (*Apera spica-venti*, *Capsella bursa-pastoris*, *Cuscuta europaea*, *Equisetum arvense*, *Lapsana communis*, *Plantago major*, *Potentilla argentea*, *Rumex confertus*, *Spergularia rubra*, *Stachys palustris*, *Stellaria media*, *Tussilago farfara* и др.). Также к 2000-м годам уменьшился ареал и встречаемость многих других мезофитов, таких как *Centaurea cyanus*, *Fumaria officinalis*, *Spergula arvensis*. Исчезновение или значительное снижение встречаемости этих видов в последующие годы может быть связано как с интенсификацией сельского хозяйства, так и со снижением влаги в почве вследствие потепления климата.

В 2010-х годах отмечено повышение в сообществах доли рудеральных видов выпасаемых местообитаний (*Malva pusilla*, *Polygonum aviculare*, *Taraxacum officinale*) в результате уплотнения почв вследствие применения тяжелой техники и замены глубокой вспашки на безотвальные технологии обработки почв.

К группе видов, характерных для 2000-х гг., относится 5 видов: *Erodium cicutarium*, *Lactuca serriola*, *Malva pusilla*, *Polygonum aviculare*, *Taraxacum officinale*. Большая часть этих видов относится к рудералам, которые широко встречаются по нарушенным местообитаниям. Только два вида характерны для сообществ 1980-х гг. – *Neslia paniculata* и *Vicia sativa*. Группа видов (*Camelina microcarpa*, *Echinochloa crusgalli*, *Linaria vulgaris*, *Panicum miliaceum*), встречаясь в 1950-х гг., исчезала затем в 1980-х и вновь появилась в 2000-х.

Таким образом, исследования показали, что за 60-летний период во флоре снизилась доля многолетних апофитов, видов естественных классов растительности и увеличилась доля видов синантропных классов. Усиление в посевах роли мезоксерофитов и снижение роли мезофитов связано с общей аридизацией территории вследствие широкомасштабного осушения земель, распашки целины и сведения лесов в 1950-х, снижения мелиоративных мероприятий в 1990-х, а также вследствие общего потепления климата в регионе. Повышение в последние годы в сегетальных сообществах доли рудеральных видов вытапываемых местообитаний связано с уплотнением почв вследствие применения тяжелой техники и заменой глубокой вспашки на безотвальные технологии обработки почв.

ИНВАЗИВНЫЕ ВИДЫ РАСТЕНИЙ В КУРГАЛЬСКОМ ЗАКАЗНИКЕ

Л.Ю. Шипилина, И.Г. Чухина

Федеральный исследовательский центр Всероссийский институт генетических ресурсов растений имени Н.И. Вавилова, Санкт-Петербург, Россия, l.shipilina@vir.nw.ru

INVASIVE PLANT SPECIES IN THE KURGALSKY NATURE RESERVE

L.Yu. Shipilina, I.G. Chukhina

N.I. Vavilov All-Russian Institute of Plant Genetic Resources, St. Petersburg, Russia, l.shipilina@vir.nw.ru

Распространение инвазивных чужеродных видов растений является весьма актуальной мировой проблемой. Локальное изучение таких видов, как *Heracleum sosnowskyi*, *Reynoutria japonica* и т. д. в Кургальском заказнике следует рассматривать в контексте глобальности данного негативного явления. На территории Кургальского полуострова распространены следующие заносные инвазивные виды: борщевик Сосновского (*Heracleum sosnowskyi* Manden.), рейнутрия японская (*Reynoutria japonica* Houtt.), рейнутрия сахалинская (*R. sachalinensis* (F. Schmidt) Nakai), лох серебристый (*Elaeagnus commutata* Bernh. ex Rydb.), роза морщинистая (*Rosa rugose* Thunb.), ослинник двулетний (*Oenothera biennis* L.), топинамбур (*Helianthus tuberosus* L.), ирга колосистая (*Amelanchier spicata* (Lam.) K. Koch), люпин многолистный (*Lupinus polyphyllus* Lindl.), золотарник канадский (*Solidago canadensis* L.).

В результате проведенных мероприятий были изучены и даны рекомендации по уничтожению популяций *Heracleum sosnowskyi* и *Reynoutria japonica* в заказнике и на прилегающих территориях. В связи с прекращением социальных инициатив со стороны Nord Strea 2 AG, работы по мониторингу приостановлены. На данный момент сотрудники ВИР самостоятельно проводят наблюдения за участками, где ранее располагались заросли борщевика и рейнутрии. На сегодняшний день вызывают опасения расселение лоха серебристого и розы морщинистой по береговой дюне Нарвского залива Балтийского моря, возможность вторичного заноса рейнутрии японской и семенного возобновления борщевика Сосновского на обработанных участках.



Источник: <https://www.vir.nw.ru/blog/2022/07/10/13445/>

**КРУГЛЫЙ СТОЛ
«ТРИТИКАЛЕ – КУЛЬТУРА БУДУЩЕГО:
К 85-ЛЕТИЮ УЛЛУБИЯ КИШТИЛИЕВИЧА
КУРКИЕВА»**

**ROUND TABLE
“TRITICALE: A CROP OF THE FUTURE
(CELEBRATING THE 85TH BIRTHDAY OF
ULLUBI K. KURKIEV)”**

ОСОБЕННОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ФЛОТИРУЮЩЕЙ КУЛЬТУРЫ ПЫЛЬНИКОВ ДЛЯ ПОЛУЧЕНИЯ ГАПЛОИДОВ ТРИТИКАЛЕ

**А.О. Блинков¹, М. Алкубеси^{1, 2}, В.С. Рубец², Е.В. Козарь³, Т.А. Фёдорова⁴,
О.В. Разумова^{1, 5}, М.Г. Дивашук¹**

¹ Всероссийский научно-исследовательский институт сельскохозяйственной биотехнологии, Москва, Россия, aoblinkov@gmail.com

² Российский государственный аграрный университет – МСХА им. К.А. Тимирязева, Москва, Россия

³ Федеральный научный центр овощеводства, Московская обл., Россия

⁴ Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова, Москва, Россия

⁵ Главный ботанический сад им. Н.В. Цицина РАН, Москва, Россия

FEATURES OF USING ANTHER FLOAT CULTURE FOR THE PRODUCTION OF TRITICALE HAPLOIDS

**A.O. Blinkov¹, M. Alkubesi^{1, 2}, V.S. Rubets², E.V. Kozar³, T.A. Feodorova⁴,
O.V. Razumova^{1, 5}, M.G. Divashuk¹**

¹ All-Russia Research Institute of Agricultural Biotechnology, Moscow, Russia, aoblinkov@gmail.com

² Russian State Agrarian University – Moscow Timiryazev Agricultural Academy, Moscow, Russia

³ Federal Scientific Vegetable Center, Moscow Province, Russia

⁴ Lomonosov Moscow State University, Moscow, Russia

⁵ Tsitsin Main Botanical Garden of the Russian Academy of Sciences, Moscow, Russia

В селекционном процессе культурных злаков особый интерес представляет технология получения удвоенных гаплоидов, поскольку с ее помощью становится возможным быстрое получение рекомбинантных инбредных линий для последующего изучения на пригодность использования их как сорта. Однако ряд факторов, таких как генотипзависимость, слабая отзывчивость микроспор к делению, альбинизм и трудности в полиплоидизации полученных растения являются ограничивающими в рутинном использовании данной технологии.

Флотирующая культура пыльников является одним из методов получения андрогенных гаплоидных растений. Данный метод заключается в культивировании пыльников на жидкой питательной среде с последующим выходом из них микроспор в среду. Данная технология показывает свою высокую эффективность у ряда культур, поскольку микроспоры, вышедшие таким путем, не подвергаются стрессовому механическому воздействию и имеют хорошее питание. Однако без корректировки метода для той или иной культуры данная технология может иметь и ряд недостатков, таких как высокий уровень альбинизма, витрификация делящихся клеток, а также анатомически неверный рост зародыша. Поэтому целью данной работы является адаптация данной технологии для озимой тритикале.

В работе использовали 8 гибридов тритикале F₁ и F₂, выращенных в полевых условиях. Колосья инкубировали 2 недели при +4°C в качестве стрессовой предобработки. Пыльники, содержащие главным образом одноядерные вакуолизированные микроспоры, культивировали в темноте при +28°C на различных иницирующих питательных средах. Сформировавшийся каллус и зародыши переносили на среду для регенерации.

В качестве иницирующей питательной среды большую эффективность продемонстрировала неагаризованная 190-2, дополненная 63 г/л мальтозы и без добавления регуляторов роста. Данный состав превосходил по количеству сформировавшихся зародышей и регенерировавших зеленых растений все используемые

нами варианты питательных сред: с повышенным содержанием мальтозы; с добавлением регуляторов роста и на основе базовой среды mC17. В качестве среды для регенерации использовали среду 190-2 с добавлением 0,5 мг/л НУК и 0,5 мг/л кинетина.

Микроскопический анализ показал, что у пыльников на 4-5 день происходит растрескивание пыльцевых мешков, сами микроспоры выходят из них на 7-8 сутки с начала культивирования. В целом практически все пыльцевые мешки оказывались пустые после первой недели культивирования. Микроспоры в большинстве случаев развивались по пути прямого эмбриогенеза таким образом, что в конечном счете зародыш флотировал на поверхности среды щитком вниз. При длительном культивировании на первоначальной среде щиток зародыша обрастал каллусом, что подтвердилось результатами сканирующей электронной микроскопии. Такие зародыши хуже регенерировали и имели трудности с укоренением. В связи с этим, важным этапом была пересадка зародышей с иницирующей среды на регенерационную, когда зародыш достигал размеров 1 мм и имел четко выраженный coleoptil.

Огромное значение на эффективность флотирующей культуры оказывала плотность культивируемых пыльников. Показано, что использование 20 пыльников на 10 мл питательной среды является оптимальным по сравнению с культивированием 10, 40 и 60 пыльников на 10 мл среды. При использовании высокой плотности пыльников, микроспоры развивались по пути каллусогенеза или формировали мелкие слабо дифференцированные зародыши с плохой регенерационной способностью, часто альбиносы.

У растений, имевших трудности с формированием корней, удавалось индуцировать корнеобразование за счет их культивирования на среде, дополненной 1 мг/л НУК.

Использование данной технологии позволяло получить до 15 зеленых растений со 100 культивируемых пыльников в зависимости от генотипа. Результаты проточной цитометрии показали, что у регенерировавших растений не происходило спонтанного удвоения хромосом, все растения были гаплоидными.

Исследование выполнено при финансовой поддержке Министерства науки и высшего образования Российской Федерации, номер государственного задания 0431-2022-0001.

АНАЛИЗ ПРОДУКТИВНОСТИ И МОРФОБИОЛОГИЧЕСКИХ ОСОБЕННОСТЕЙ ПШЕНИЦЫ, РЖИ И ТРИТИКАЛЕ

М.Х. Гаджимагомедова, К.У. Куркиев

Федеральный исследовательский центр Всероссийский институт генетических
ресурсов растений имени Н.И. Вавилова, Дагестанская опытная станция – филиал ВИР,
Дербент, Россия, kkish@mail.ru

ANALYSIS OF PRODUCTIVITY AND MORPHOBIOLOGICAL FEATURES IN WHEAT, RYE AND TRITICALE

M.Kh. Gadjumagomedova, K.U. Kurkiev

N.I. Vavilov All-Russian Institute of Plant Genetic Resources, Dagestan Experiment
Station of VIR, Derbent, Russia, kkish@mail.ru

Всестороннее исследование и улучшение сортового состава сельскохозяйственной продукции должно способствовать росту урожайности и получению экологически чистых продуктов. Прогрессивное ресурсосберегающее земледелие, которое приходит на смену старым формам хозяйствования, должно основываться на принципиально новых типах сортов, не использовавшихся ранее и дающих максимальный выход продукции высокого качества в различных агроэкологических условиях. Материальные и энергетические затраты при этом должны быть минимальны. Тритикале – полиплоидный гибрид ржи и пшеницы, становится в этом отношении наиболее перспективным сельскохозяйственным продуктом. Селекционными центрами разработаны и внедрены в производство десятки новых интенсивных сортов, обладающих высокой продуктивностью. Мировая коллекция тритикале ВИР насчитывает на данный момент более 4200 сортообразцов.

На Дагестанской ОС – филиал ВИР на протяжении нескольких десятилетий проводят изучение новых сортов и линий в условиях Республики Дагестан, имеющей многообразный рельеф и наличие разнообразнейших климатических зон. Цель нашего исследования – анализ и выявление перспективных форм тритикале, адаптированных к условиям Республики Дагестан. Проведен анализ и выявление перспективных форм тритикале в сравнении с пшеницей и рожью на Дагестанской опытной станции ВИР. Всего было изучено 32 сортообразца тритикале различного эколого-географического происхождения. Анализировались следующие признаки – урожайность, число стеблей, высота растений, срок колошения, продуктивность колоса, масса 1000 зерен, устойчивость к болезням. Полиплоидность тритикале способствует образованию хорошей вегетативной массы, что способствует получению высокого урожая при возделывании в условиях орошаемого земледелия Южного Дагестана. Высота растений у изученных образцов тритикале была существенно выше по сравнению с пшеницей. По устойчивости к полеганию образцы тритикале не уступали пшенице. Подавляющее большинство образцов тритикале колосятся и созревают позже пшеницы. Отмечается прямая зависимость срока созревания от колошения. В целом по сравнению с пшеницей отмечена большая устойчивость тритикале к мучнистой росе, бурой и желтой ржавчинам. По устойчивости к таким патогенам, как пятнистость листьев и черный зародыш, тритикале не уступает пшенице. Урожайность у изученных образцов на уровне пшеницы. Все изученные тритикале имеют более длинный колос по сравнению с пшеницей и рожью. По крупности семян большинство сортов превосходит пшеницу и находится на уровне тетраплоидной ржи. По выполненности зерна и стекловидности сорта тритикале существенно отстают от сортов пшеницы. Результаты наших исследований указывают на необходимость селекционной работы с тритикале в направлении повышения качества зерна.

ОСОБЕННОСТИ ПИГМЕНТНОГО ФОНДА И ОКИСЛИТЕЛЬНЫХ ПРОЦЕССОВ У РЕКОМБИНАНТНЫХ ФОРМ ГЕКСАПЛОИДНЫХ ТРИТИКАЛЕ

Л.Ф. Кабашникова^{1*}, Н.И. Дубовец²

¹ Институт биофизики и клеточной инженерии НАН Беларуси, Минск, Беларусь,
*kanbashnikiova@mail.ru

² Институт генетики и цитологии НАН Беларуси, Минск, Беларусь

FEATURES OF THE PIGMENT COMPLEX AND OXIDATION PROCESSES IN RECOMBINANT FORMS OF HEXAPLOID TRITICALE

L.F. Kabashnikova^{1*}, N.I. Dubovets²

¹ Institute of Biophysics and Cell Engineering of the Belarusian National Academy of Sciences,
Minsk, Belarus, *kabashnikova@mail.ru

² Institute of Genetics and Cytology of the Belarusian National Academy of Sciences,
Minsk, Belarus

Одной из актуальных проблем современной генетики и селекции тритикале является создание новых источников хозяйственно полезных признаков и свойств. Перспективным направлением обогащения генофонда тритикале считается синтез рекомбинантных форм, пшеничный компонент кариотипа которых составлен различными сочетаниями хромосом всех трех субгеномов пшеницы (A, B, D), что позволяет вовлечь в селекционный процесс гены, локализованные в хромосомах D-генома (гены хлебопекарных свойств, короткостебельности и т. д.). Такие формы были созданы нами путем гибридизации октоплоидного тритикале 25АД20 с тетраплоидным тритикале ПРАТ21 с последующим отбором в потомстве с помощью метода С-бэндинга линий с различным количественным и качественным составом D(A)- и D(B)-замещений хромосом. Для оценки эффектов разных типов замещений на пигментные показатели и активность перекисного окисления липидов (ПОЛ) в исследование было включено 8 линий тритикале с наличием от 1 до 4-х межгеномных замещений хромосом: ПРАГЗ-1 [(1D(1A))]; ПРАГЗ-2 [1D(1A), 2D(2B)]; ПРАГЗ-3 [1D(1A), 6D(6B)]; ПРАГЗ-4 [1D(1A), 2D(2B), 6D(6B)]; ПРАГЗ-5 [1D(1A), 2D(2B), 3D(3A)]; ПРАГЗ-6 [1D(1A), 3D(3A), 6D(6B)]; ПРАГЗ-7 [1D(1A), 2D(2B), 3D(3A), 6D(6A)]; ПРАГЗ-8 [1D(1A), 2D(2B), 3D(3A), 6D(6B)].

В полевых условиях на фазе колошения изучено содержание фотосинтетических пигментов (хлорофиллов *a*, *b* и каротиноидов), а также антоцианов в подфлаговых листьях гексаплоидных тритикале. Все сравниваемые линии по содержанию хлорофиллов (*a+b*) в подфлаговом листе можно разделить на 3 группы: менее 40 мкг/см² (линии 1 и 2), 45–51 мкг/см² (линии 3, 4, 6, 7, 8) и более 65 мкг/см² (линия 5). Максимальные различия по содержанию пигментов между исследованными линиями составили 70%. Особый интерес представляют изменения содержания пигментов, наблюдавшиеся у линий с тремя замещениями хромосом (4, 5 и 6), поскольку они позволили выявить особое значение замещения хромосом 3D(3A). В листьях тритикале с 4-мя замещениями хромосом (линии 7 и 8) различия в содержании пигментов были уже не столь выражены. Сцепленно с изменением содержания хлорофиллов (*a+b*) в ткани листа изменялось содержание каротиноидов, играющих важную роль в защите фотосинтетических мембран от фоторазрушения. Изменение содержания непластидных пигментов антоцианов не так очевидно коррелировало с содержанием хлорофилловых пигментов, хотя максимальные различия между вариантами также приближались к 70%. Сравнительный анализ позволил выделить линию ПРАГЗ-5 [1D(1A), 2D(2B), 3D(3A)], формирующую не только самое высокое растение, но и мощный пигментный аппарат. Линия ПРАГЗ-1, содержащая одиночное 1D(1A)-замещение хромосом, напротив, отличалась не только самым низким

количеством хлорофиллов и каротиноидов, но и внепластидных пигментов антоцианов, играющих важную роль в защитных реакциях растения.

Анализ прижизненного содержания продуктов ПОЛ в тканях подфлагового листа показал, что самый высокий уровень малонового диальдегида в пересчете на единицу сырой массы наблюдался у линий 6 и 7 (5,5 и 3,9 мкмоль/г), у остальных линий он был примерно одинаков (2,17-3,00 мкмоль/г). Эти данные указывают на более высокую подверженность линий 6 и 7 действию окислительного стресса даже в полевых условиях произрастания. Вполне вероятно, что компенсировать этот недостаток растение пытается увеличением синтеза антоцианов, особенно выразительным в листьях линии 6.

Оценка цитологической стабильности рекомбинантных линий показала, что осуществленная реконструкция кариотипа гексаплоидных тритикале не оказала негативного влияния на процесс формирования гамет, что обеспечивает сохранение межгеномных замещений в ряду последующих поколений. Проведенный корреляционный анализ между пигментными показателями и особенностями поведения хромосом на разных стадиях мейоза показал средние отрицательные значения коэффициентов корреляции между содержанием хлорофиллов ($a+b$) и количеством материнских клеток пыльца (МКП) с нарушениями на стадии анафазы I мейоза ($r = -0,56$), а также положительные взаимосвязи между количеством МКП без нарушений на стадии анафазы II мейоза ($r = 0,58$). Тесные положительные корреляционные взаимосвязи получены между количеством МКП без нарушений на стадии анафазы II мейоза и содержанием каротиноидов ($r = 0,75$), а также содержанием антоцианов ($r = 0,86$), выполняющих защитные функции в стрессовых условиях. Активность ПОЛ в клетках мезофилла подфлагового листа у линий тритикале была связана средними положительными корреляциями с содержанием антоцианов ($r = 0,54$), с количеством бивалентов на стадии метафазы I ($r = 0,60$), количеством МКП с нарушениями на стадии метафазы II ($r = 0,56$), количеством МКП без нарушений на стадии анафазы I ($r = 0,79$) и мейотическим индексом ($r = 0,53$). Отрицательная взаимосвязь ($r = -0,58$) выявлена между активностью ПОЛ и количеством унивалентов на стадии метафазы I. При исследовании корреляционных зависимостей между фотосинтетическими и окислительными показателями подфлагового листа на стадии колошения и показателями продуктивности у линий тритикале было выявлено наличие средних отрицательных корреляционных взаимосвязей между содержанием каротиноидов и числом колосьев на растении ($r = -0,50$), а также между массой 1000 зерен и содержанием хлорофилла ($a+b$) ($r = -0,51$), каротиноидов ($r = -0,51$) и антоцианов ($r = -0,54$).

Известно, что в оптимальных физиологических условиях в этиолированных листьях злаков преобладает флуоресценция формы предшественника хлорофилла – протохлорофиллида (Пд) с максимумом свечения при 657 нм (Пд657), а при переходе растения в состояние стресса возрастает интенсивность флуоресценции коротковолновой формы с максимумом при 635 нм (Пд635), что позволяет судить о стрессоустойчивости проростков по степени изменения величины (Пд657/Пд635). В 8-дневных этиолированных проростках разных линий тритикале измерены низкотемпературные спектры одинаковых участков листа контрольного и шокового варианта (ТШ), в котором проростки нагревали в течение 3 ч при +42°C, а затем выдерживали 1 ч при +23°C для стабилизации состояния пигментов. На основании полученных данных наименее термоустойчивой оказалась линия ПРАГЗ-1 (1D(1A)), у которой наблюдали 5-кратное снижение степени агрегации Пд по сравнению с контролем; у линии ПРАГЗ-3 это снижение составило 4,79, а у ПРАГЗ-2 – 2,93. Остальные замещения хромосом (линии 4–8) приводили к примерно одинаковой реакции проростков тритикале на ТШ: степень агрегации Пд после ТШ в них отличалась от контролей в 2–2,5 раза.

Проведенные исследования открывают перспективы для выявления благоприятных комбинаций ядерного и цитоплазматического геномов с целью повышения

продуктивности и качества зерна гексаплоидных тритикале. Предложена совокупность эффективных параметров для оценки стрессочувствительности генотипов тритикале, которые могут найти применение в селекционных программах для создания новых сортов пшеницы и тритикале.

ИЗУЧЕНИЕ ОТЕЧЕСТВЕННОЙ И МИРОВОЙ КОЛЛЕКЦИИ ТРИТИКАЛЕ В НАЦИОНАЛЬНОМ ЦЕНТРЕ ЗЕРНА ИМЕНИ П.П. ЛУКЬЯНЕНКО

В.Я. Ковтуненко, В.В. Панченко, А.П. Калмыш

Национальный центр зерна имени П.П. Лукьяненко, Краснодар, Россия,
xleborob123@yandex.ru

STUDYING THE NATIONAL AND INTERNATIONAL TRITICALE COLLECTION AT THE P.P. LUKYANENKO NATIONAL GRAIN CENTER

V.Ya. Kovtunenکو, V.V. Panchenko, A.P. Kalmysh

National Center of Grain named after P.P. Lukyanenko, Krasnodar, Russia,
xleborob123@yandex.ru

В настоящий момент в условиях Краснодарского края и Российской Федерации в целом важной частью селекционной работы для обеспечения роста интереса со стороны сельскохозяйственного производства к озимой тритикале как альтернативной зерновой культуре необходимо продолжать и усиливать работу с отечественными и иностранными коллекционными образцами.

С 1975 года изучено более 2500 коллекционных образцов: озимой тритикале – 1542, яровой – 800, озимой ржи – 200. Выделены и вовлечены в селекционную работу наиболее эффективные источники основных признаков из России, Украины, Белоруссии, Польши, Чехии, Франции, Японии, Мексики, Аргентины, Чили:

- короткостебельности: АД-60, Хонгор, К-119, ПРАГ-530, ПРАГ-538, Л.1833/14, СД 3295, Ярило, Вівате Носовске, Аякс, Atletico, Pigmey, Grenado, Baltico, Cando, Тихон, Пилигрим, рожь Альфа полукарликовая;

- скороспелости: Перун, АД-60, Каприз, ПРАГ7, Благодатный, Л.2502, Л.2961/12, Л.2514/12, Attila, Утро, Color, Triskel, Accord, Bumerang, Trialdo, Tarzan, Квазар, Орлик Сват, Венец, Тихон, рожь-двуручка Haraichiban; яровые тритикале Ryeducks, Ryekko, Fahad 5, Fahad 6, Ярило;

- зерновой продуктивности и выполненности зерновки: Визерунок, АДП-2, Presto, BON 1208, Remiko, Trimmer, Moderato, Sequenz, Tarzan, Консул, Зимогор, Алмаз, Ацтек, Атаман Платов, СД3552/14, СД3554/14, Тихон, Венец, Сват, Л.1835/14, Л.1365/17, яровые Дуплет, Кунак, Ярик, Браво, Ровня, Т-388, Т-433, Доброе, МХ-94, МХ-95, МХ-102;

- высокой морозостойкости: АД-206, Цекад 90, Шанс, Консул, Зимогор, Вокализ, Ацтек, Алмаз, Атаман Платов, Л.1574, Мудрец, Авангард, Князь, Берекет, Уллубий, Ратне, Гарне, АДП -2, Амур, 9024/14;

- устойчивости к листовым болезням: ПРАГ 415\2, ПРАГ50 ТГУ, ПРАГ 530, ПРАГ 520, Регион, Консул, Краковяк, Топаз; Triticale L-1, Мамучар, Moderato, Валентин 90, Сват, Венец, SGU-88/91, АДМ-14, Гармония, Амур, Визерунок, Импульс, Frouvere, Osorno, Alzo, СД 3114, Ярило;

- высоких хлебопекарных свойств: Валентин 90, Цекад 90, яровые Хлебодар харьковский, Каравай харьковский, МХ-66.

Проанализировав трехлетние данные с 2019 по 2021 год по 21 коллекционному образцу, было установлено, что практически все изучаемые сорта и линии в течение трех лет сформировали урожайность выше 1,03 кг с 1 м². При этом 7 образцов сформировали урожайность выше 1,11 кг с 1 м². По зерновой продуктивности выделились сорта Алмаз, Уралан, Жнец, Инал и Уллубий, сформировав урожайность выше 1,2 кг с 1 м².

В среднем за три года изучения с максимальным содержанием белка в зерне свыше 14,5% выделились сорта Слон и Инал, при этом сорт Инал, созданный совместно с ИСХ КБНЦ РАН, сформировал урожайность выше 1,2 кг с 1 м². Среди образцов, являвшихся

более низкорослыми, чем стандарт, выделяется сорт Блюз селекции ФГБНУ ФРАНЦ, при урожайности 1,15 кг с 1 м² у этого сорта отмечено содержание белка в зерне 13,1%.

По содержанию клейковины в зерне также выделяются сорта Слон, Инал, Берекет, Валентин 90 и Трудяга. Все они в среднем за три года изучения по содержанию клейковины в зерне превысили отметку 24%.

По натурному весу зерна свыше 710 г/л, что соответствует технологическим показателям качества зерна четвертого класса пшеницы, выделились практически все коллекционные образцы, за исключением сортов Атаман Платов, Уралан, Берекет и селекционной линии Л. 1335/17. Кроме того, максимальные значения натурности зерна отмечены у сорта Уллубий, названного в честь выдающегося селекционера по тритикале Куркиева Уллубия Киштилиевича, что позволяет этому сорту претендовать по технологическим свойствам зерна на 2-3 класс качества.

Анализ трехлетних данных по коллекционным образцам показал, что наибольшую продуктивность на данном этапе селекции формируют сорта и линии высотой 100–110 см, вследствие большей устойчивости к полеганию. Однако по технологическим показателям качества зерна выделяются средне- и высокорослые образцы. В ходе всестороннего изучения коллекционного материала установлены наиболее ценные образцы, выделяющиеся по комплексу хозяйственно ценных признаков, при этом сочетающие в своем морфотипе высокую зерновую продуктивность, адаптивность и короткостебельность. Все выделяющиеся образцы используются для создания нового исходного материала и всестороннего улучшения тритикале как новой зерновой культуры.

ПЕРСПЕКТИВНЫЕ ИСТОЧНИКИ И ДОНОРЫ СЕЛЕКЦИОННО ЦЕННЫХ ПРИЗНАКОВ ТРИТИКАЛЕ

У.К. Куркиев¹, К.У. Куркиев²

Федеральный исследовательский центр Всероссийский институт генетических ресурсов растений имени Н.И. Вавилова, Дагестанская опытная станция – филиал ВИР, Дербент, Россия, kkish@mail.ru

PROMISING SOURCES AND DONORS OF THE TRAITS VALUABLE FOR TRITICALE BREEDING

U.K. Kurkiev¹, K.U. Kurkiev²

N.I. Vavilov All-Russian Institute of Plant Genetic Resources, Dagestan Experimental Station of VIR, Derbent, Russia, kkish@mail.ru

Родиной первых дикорастущих предков мягкой пшеницы, которая по праву считается самой распространенной возделываемой зерновой культурой, считаются сухие субтропики Передней Азии. После произошедшей спонтанной гибридизации и слияния с геномами двух дикорастущих эгилопсов, получившаяся культура при участии человека активно и широко распространилась на всей планете. Современная наука активно пытается получить новый вид путем добавления третьего генома культурной ржи. Полученный синтетический гибрид был назван тритикале.

Однако в получении гибридов с комплексом полезных свойств, объединяющих характеристики пшеницы и ржи, существуют еще и неразрешенные проблемы. На протяжении более чем вековых исследований и работ по межвидовому скрещиванию ученые пытаются преодолеть барьеры межвидовой несовместимости, исключающие получение планируемых качеств и редукцию нежелательных свойств и признаков. В настоящее время ведутся работы по обогащению видового разнообразия нового гибридного вида тритикале.

Наша статья является обзорной для многолетних исследований, проводимых на Дагестанской опытной станции, где работают над созданием новых источников и доноров для новой культуры,

В результате применения различных методов селекции с использованием широкого разнообразия пшеницы, ржи и первичных амфидиплоидов на станции создано значительное количество линий и сортов. Из них более 600 линий занесены в основной каталог ВИР и рассылаются по заявкам селекционно-опытных учреждений. В созданном материале наибольшую ценность представляют образцы, которые показывают широкие донорские сортообразующие способности. Так, с использованием линий ПРАГ 46/2 и ПРАГ 46/3 на Северо-Донецкой опытной станции получены десятки высокопродуктивных сортов тритикале зернового использования (АД Тарасовский, Корнет, Консул и др.). На этой же станции с использованием линии ПРАГ 48/4 созданы сорта кормового назначения с высокой продуктивностью и устойчивостью к грибным болезням (Аллегро, Аграф, Арго и др.). Линии ПРАГ 45/7 и Праг 46/9 послужили основой создания ряда сортов в НИИИСХ Центральные районы Нечерноземной зоны (Виктор, Антей, Гермес и др.) и в институте им. Докучаева (Тальва 100). В последнем с участием ПРАГ 113/4 и ПРАГ 119 выведены сорта тритикале Разгар и Доктрина 110. Линия ПРАГ 119 входит также в родословную сорта Руслан селекции Краснодарского НИИСХ. В КНИИСХ с участием ПРАГ 48/6 получены также сорта тритикале с высоким качеством зерна (Дозор, Уллубий). Большую ценность представляют полученные на станции с использованием 2-генного (один рецессивный и один полудоминантный) донора короткостебельности ПРАГ 530 (высота 90–105 см) новые линии с потенциалом

продуктивности более 130 ц/га. По данным, полученным из КНИИСХ, эти линии и ПРАГ 572, ПРАГ 592, ПРАГ 594 занимали по продуктивности лидирующие позиции.

В настоящее время созданы полукарликовые линии нового поколения: Л 1993/14, 1995/14, 1810/16 и другие, также с высоким потенциалом продуктивности и качества зерна. Высота растений 80–90 см, что на уровне современных сортов пшеницы интенсивного типа.

УСТОЙЧИВОСТЬ ОЗИМОЙ ТРИТИКАЛЕ К *FUSARIUM NIVALE* В УСЛОВИЯХ ЦЕНТРА НЕЧЕРНОЗЕМНОЙ ЗОНЫ

О.В. Митрошина, А.М. Медведев

Федеральный исследовательский центр «Немчиновка», Московская обл., Россия,
olya.mitroshina.88@bk.ru

RESISTANCE OF WINTER TRITICALE TO *FUSARIUM NIVALE* UNDER THE CONDITIONS OF THE CENTRAL NON-BLACK-EARTH ZONE

O.V. Mitroshina, A.M. Medvedev

Nemchinovka Federal Research Center, Moscow Province, Russia,
olya.mitroshina.88@bk.ru

Восприимчивость к снежной плесени является одной из ключевых проблем озимой тритикале в Центральном регионе России. Потери урожая достигают 16–30%. В отдельные годы приходится по причине полной гибели озимых пересевать яровыми культурами. Одним из способов борьбы с нежелательными последствиями перезимовки озимой тритикале является создание сортов устойчивых к *Fusarium nivale*. В годы с высокой эпифитотийной нагрузкой селекционеру удачно позволяют условия отбирать кандидаты в сорта наиболее устойчивые к патогенам.

В 2022 году в ФИЦ «Немчиновка» отмечено сильное проявление снежной плесени на селекционных посевах конкурсного сортоиспытания. Активному развитию данной болезни способствовало чрезмерное выпадение осадков зимой (61,2 мм) по сравнению со средним многолетним значением (35,4 мм) и выпадение снега на непромерзлую почву.

Почти все номера характеризовались сильной восприимчивостью к снежной плесени. Самая низкая интенсивность поражения наблюдается у линии 485. Наиболее полно дает картину по адаптации сортообразцов тритикале к зимнему периоду перезимовка. Именно по причине бурного развития *F. nivale* неудовлетворительную перезимовку имели 75% номеров.

Лишь только пять линий (485, 419, 460, 497 и 461) смогли нормально восстановить свое развитие. У них наблюдалась слабая изреженность стеблестоя, находящаяся на уровне районированных сортов озимой тритикале в Московской области («Виктор», «Немчиновский 56», «Нина»).

Линия озимой тритикале 485 способна формировать урожай зерна в условиях эпифитотии на 23,4 ц/га значительно выше, чем стандартный сорт «Немчиновский 56», в связи с этим его рекомендуется вовлекать в программы скрещиваний в качестве материнской формы для селекции на адаптивность к снежной плесени и урожайность в условиях Центра Нечерноземной зоны.

По урожайности стандартный сорт превышают также линии 419, 460, 497 и 460 соответственно на 2,2, 8,7, 7 и 7 ц/га.

Таким образом, условия зимнего периода 2021–2022 гг. благоприятствовали распространению *F. nivale* в посевах конкурсного сортоиспытания озимой тритикале ФИЦ «Немчиновка» и позволили дифференцировать сортообразцы по устойчивости к данной болезни.

Таблица 1. Перезимовка, урожайность сортообразцов озимой тритикале и устойчивость к снежной плесени

Сортообразец	Интенсивность поражения снежной плесенью, балл	Перезимовка, балл	Урожайность ц/га	± к стандарту
Виктор	3	4	42,8	–1,5
Немчиновский 56	3	3,8	44,3	
Нина	3	3,5	37,5	–6,8
Гермес	3	2,8	37	–7,3
Гера	3	1,5	19,8	–24,5
л. 1796	3,5	1,8	33,2	–11,1
л. 4784	4	1	9,5	–34,8
л. 401	3,8	1,3	30	–14,3
л. 1739	3,8	1,3	12	–32,3
л. 5901	3,5	1,3	30,3	–14
л. 1940	3,8	1,5	33	–11,3
л. 1976	4	1,3	18,5	–25,8
л. 475	3,5	1,8	43,7	–0,6
л. 458	4	1,8	21,8	–22,5
л. 465	3,5	2,3	43,7	–0,6
л. 444	3,8	1,3	9,75	–34,55
л. 496	3,5	2,3	41,3	–3
л. 485	2	3,8	67,7	23,4
л. 457	3	2,5	41,5	–2,8
л. 419	3	3,8	46,5	2,2
л. 483	4	1	14,2	–30,1
л. 460	3	1,8	53	8,7
л. 497	3	2,5	51,3	7
л. 461	3,3	3	51,3	7
л. 494	4	1	41	–3,3
л. 404	3	2	39,5	–4,8
л. 493	4	1	19	–25,3
л. 484	3	1	29	–15,3
л. 40	3	1,8	24,8	–19,5
л. 9304	3	1,5	26,7	–17,6
л. 9142	3	1,5	23	–21,3

В ПОИСКАХ НОВЫХ ГЕНОВ, ОТВЕЧАЮЩИХ ЗА РАЗВИТИЕ ЗЕРНОВКИ

Е.С. Полховская¹, А.А. Болотина¹, М.В. Дудников¹, И.В. Киров¹, А.А. Соловьев^{1, 2}

¹ Всероссийский научно-исследовательский институт сельскохозяйственной биотехнологии, Москва, Россия, eynzeynkrey@gmail.com

² Главный ботанический сад им. Н.В. Цицина Российской академии наук, Москва, Россия

SEARCHING FOR NEW GENES RESPONSIBLE FOR GRAIN DEVELOPMENT

E.S. Polkhovskaya¹, A.A. Bolotina¹, M.V. Dudnikov¹, I.V. Kirov¹, A.A. Soloviev^{1, 2}

¹ All-Russia Research Institute of Agricultural Biotechnology, Moscow, Russia, eynzeynkrey@gmail.com

² Tsitsin Main Botanical Garden of the Russian Academy of Sciences Moscow, Russia

Долгое время считалось, что днРНК не выходят за рамки транскрипционного шума, однако появляется все больше информации о том, что днРНК играют важную роль в разнообразных биологических процессах эукариот. Традиционно под днРНК подразумевают некодирующие белки, хотя многие из них несут небольшие открытые рамки считывания и кодируют функциональные пептиды в различных растениях. С развитием технологий секвенирования проводятся все более обширные исследования по общегеномной характеристике и функциональной валидации. У многих видов растений днРНК были идентифицированы, их экспрессия в ответ на различные абиотические и биотические стрессы установлена, хотя современные знания о функциях днРНК все еще остаются неполными. В растениях днРНК функционально охарактеризованы как участвующие во множестве биологических процессов в целом и в формировании колоса зерновых культур в частности. На сегодняшний момент транскриптомные изменения во время развития зерна хорошо изучены, и многие гены были аннотированы в пшенице, в то время как экспрессируемые днРНК остаются неисследованными.

Наиболее оптимальным подходом в изучении генов зерновки является использование технологий Oxford Nanopore для анализа РНК, выделенных из семян тритикале на 10 день после цветения. После анализа данных, сгенерированных в процессе секвенирования РНК, обогащенной поли(А) фракцией, получено 1 240 000 ридов. Используя их, идентифицировали днРНК, экспрессирующиеся на ранних стадиях развития семян тритикале, большинство из которых ранее не были аннотированы. Были обнаружены экзонные, интронные, антисмысловые и межгенные днРНК. При помощи биоинформатического анализа удалось идентифицировать 796 днРНК тритикале, кодируемые 780 локусами в субгеномах А (167 днРНК), В (212 днРНК) и R (410 днРНК). Паттерн экспрессии идентифицированных днРНК является тканеспецифичным, причем почти половина днРНК демонстрирует максимальный уровень экспрессии во время развития семян. Для дальнейшего анализа были взяты днРНК субгеномов А и В и изучен полиморфизм их генов в коллекции тритикале. Для валидации полученных данных были выбраны 16 днРНК, для которых были разработаны специфичные пары праймеров, после чего проводилась ПЦР на геномной ДНК коллекционных образцов яровой тритикале. В ходе амплификации выявлены структурные вариации в виде инсерций и делеций в генах днРНК в 23 образцах коллекции тритикале. Анализ полиморфизма генов с помощью подобранных праймеров выявил 8 неререференсных аллелей днРНК среди всей коллекции, из которой одна линия является наиболее вариабельной.

Работа выполнена в рамках государственного задания Министерства науки и высшего образования Российской Федерации (№ FGUM-2022-0005).

КЛАСТЕРИЗАЦИЯ ГЕНЕТИЧЕСКИХ РЕСУРСОВ ИЗ КОЛЛЕКЦИИ ВИР ДЛЯ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ В ПОВОЛЖСКОЙ СЕЛЕКЦИИ ОЗИМОЙ ТРИТИКАЛЕ

**С.Н. Пономарев*, Н.Ш. Гараева, М.Л. Пономарева, Г.С. Маннапова,
Л.Ф. Гильмуллина, С.И. Фомин, Л.В. Илалова, Д.Д. Сайфутдинова, И.О. Иванова,
С.Ю. Павлова**

Казанский научный центр Российской академии наук, Татарский научно-исследовательский институт сельского хозяйства – обособленное структурное подразделение КазНЦ РАН, Казань, *s.ponomarev2020@yandex.ru

CLUSTERING OF GENETIC RESOURCES FROM THE VIR COLLECTION FOR USE IN WINTER TRITICALE BREEDING IN THE VOLGA REGION

**S.N. Ponomarev*, N.Sh. Garaeva., M.L. Ponomareva, G.S. Mannapova, L.F. Gilmullina,
S.I. Fomin, L.V. Ilalova, D.D. Sayfutdinova, I.O. Ivanova, S.Y. Pavlova**

Kazan Scientific Center of the Russian Academy of Sciences, Tatar Research Institute of Agriculture – Subdivision of the Kazan Scientific Center of the Russian Academy of Sciences, Kazan, Russia, *s.ponomarev2020@yandex.ru

Посевные площади тритикале в России перестали увеличиваться несмотря на то, что продуктивный и технологический потенциал культуры огромный. По данным Росстата, в 2020 году площади тритикале составили всего лишь 111 тыс. га. По сравнению с наиболее удачными 2015–2016 гг. (228–250 тыс. га) возделывание культуры сократилось на 56%. Это тем более непонятно, ведь достигнутые научно-практические результаты в области селекции тритикале поставили ее в ряд наиболее востребованных по хозяйственному значению злаковых зерновых культур. Тритикале обладает рядом неоспоримых достоинств – высоким потенциалом урожайности, повышенным содержанием белка и отдельных аминокислот, высокой питательной ценностью, что доказывает высокую эффективность выращивания тритикале для использования на продовольственные, фуражные и сырьевые цели (Salmon et al., 2004; Крохмаль и др., 2019). Современные сорта тритикале, созданные для различных отраслей пищевой промышленности, существенно расширяют ассортимент хлебобулочных и кондитерских изделий, способствуют созданию новых пищевых продуктов. Еще одна важная сфера использования тритикале – производство комбикормов и спирта. В Европейском союзе доля тритикале, реализуемая на эти цели, составляет более 80% (EU Cereals Supply & Demand).

Ежегодно в Государственный реестр сортов, допущенных к использованию в Российской Федерации, включается большое количество новых сортов озимой тритикале. На 2021 год их количество достигло 96 сортов, хотя десятилетием ранее было районировано всего 49 сортов. Почти двукратное увеличение количества сортов озимой тритикале за последние 10 лет говорит о высокой интенсивности и результативности селекционной работы по данной культуре.

Почему же такая ценная культура с значительным отставанием внедряется у нас в стране? Основная проблема видится в том, что тритикале имеет ограниченные генетические ресурсы и не достигла уровня адаптивности по сравнению с родительскими видами – пшеницей и рожью. Решением данной проблемы является изучение и выявление из генофонда Всероссийского института генетических ресурсов растений имени Н.И. Вавилова (ВИР) генотипов тритикале, отвечающих требованиям, предъявляемым современным сельскохозяйственным производством.

С этой целью в условиях Поволжья (Республика Татарстан) нами всесторонне оценены свыше 200 сортообразцов из коллекции ВИР. По происхождению изучаемые генотипы были представлены образцами российской (110), белорусской (29), украинской

(28) и западноевропейской (35 сортов) селекции. На основе анализа многолетних данных по урожайности зерна, зимостойкости, поражению снежной плесенью, отрастанию после поражения, высоты растений проведена кластеризация генетического фонда на 12 кластеров, два из которых представлены субкластерами. Наибольшее число генотипов вошло в 1 и 4 кластер (75 и 77 генотипов), единственным сортом были представлены кластер 7 (Хот) и кластер 11 (ПРАГ 468/1).

ДОСТИЖЕНИЯ И ПЕРСПЕКТИВЫ СЕЛЕКЦИИ ГЕКСАПЛОИДНОГО ТРИТИКАЛЕ В ВЕРХНЕВОЛЖСКОМ ФЕДЕРАЛЬНОМ АГРАРНОМ НАУЧНОМ ЦЕНТРЕ

С.Е. Скатова, А.М. Тысленко, Д.В. Зуев, С.М. Лукин

Верхневолжский федеральный аграрный научный центр, Суздаль, Россия, tslo@bk.ru

ACHIEVEMENTS AND PROSPECTS OF HEXAPLOID TRITICALE BREEDING AT THE UPPER VOLGA FEDERAL AGRICULTURAL RESEARCH CENTER

S.E. Skatova, A.M. Tyslenko, D.V. Zuev, S.M. Lukin

Upper Volga Federal Agrarian Research Center, Suzdal, Russia, tslo@bk.ru

Тритикале – искусственно созданная человеком зерновая культура, посевные площади которой в мире составляют более 4 млн га. Это прежде всего кормовое растение, которое предназначено для приготовления зернофуража и сочных кормов. Характерной ее биологической особенностью являются высокие кормовые достоинства зерна, а также толерантность к биотическим и абиотическим стрессорам, в том числе к низкому плодородию почв. Средняя урожайность тритикале в Российской Федерации – 2,5–2,8 т/га, на высоких агрофонах достигает более 8–10 т/га, что выше яровой пшеницы и ячменя.

В Российской Федерации в 2022 году под озимыми и яровыми сортами гексаплоидного тритикале было занято около 115 тыс. га. Существенное (в 2 раза, в сравнении с 2016 годом) снижение посевных площадей под культурой обусловлено отсутствием должного сортового семеноводства. В настоящее время число сортов ярового тритикале, допущенных к использованию по регионам России, весьма ограничено, на 2022 год в Государственном реестре селекционных достижений их было 24, в то же время озимого – 102.

Цель исследований – создать высокоурожайные сорта тритикале, устойчивые к биотическим и абиотическим стрессам, адаптированные к проблемным почвам Нечерноземной зоны, с зерном высоких фуражных качеств. Экологическая селекция культуры проводится с 2003 года в творческой кооперации селекционеров Владимирского НИИСХ и Всероссийского НИИ органических удобрений и торфа (в 2017 году объединенных в ФГБНУ «Верхневолжский ФАНЦ») на двух типах почв – низкоплодородной дерново-подзолистой супесчаной и высококультуренной серой лесной. Селекционный процесс проходит по общепринятой для зерновых культур схеме.

Объект исследования – исходный (коллекция ВИР, СИММИТ, Мексика), местный гибридный и селекционный материал ярового и озимого тритикале с ежегодным объемом до 15 тысяч образцов, а также селекционный материал экологического испытания из научных учреждений РФ, Беларуси, Казахстана.

Руководствуясь приемами и методами экологической селекции, селекционеры Верхневолжского ФАНЦ при участии коллег из других научных учреждений создали 17 сортов ярового и один озимого тритикале, из которых 12 допущены к использованию в ряде регионов РФ, 2 – в ближнем зарубежье – Беларуси и Казахстане. Все сорта кормового назначения, отличаются высокой экологической пластичностью и стрессоустойчивостью.

Среднеранние сорта ярового тритикале. ‘Амиго’ – получен в Верхневолжском ФАНЦ, допущен к использованию по Центральному региону РФ с 2011 года. Потенциальная урожайность его на высококультуренных серых лесных почвах 5,0 т/га, устойчивый к почвенной кислотности. С этого же года включен в Госреестр для выращивания по Северо-Западному, Центральному и Дальневосточному регионам сорт **‘Гребешок’**, созданный в творческой кооперации с Всероссийским институтом генетических ресурсов растений имени Н.И. Вавилова (ВИР). Потенциальная

урожайность на окультуренных почвах 6,0 т/га, высокоустойчив к полеганию. **‘Ровня’** – создан в соавторстве с Национальным центром зерна им. П.П. Лукьяненко, допущен к использованию с 2014 года по Северо-Западному, Центральному, Волго-Вятскому, Центрально-Черноземному, Дальневосточному регионам. Интенсивный, урожайность на окультуренных почвах при достатке влаги 8,5 т/га. **‘Аморе’** – создан в соавторстве с НПЦ НАН Беларуси по земледелию, допущен к использованию по Центральному региону с 2018 года. Потенциальная урожайность на окультуренных почвах 7,5 т/га, устойчив к видам ржавчины. **‘Россия’** – результат творческой кооперации селекционеров АО «Казахский агротехнический университет им. С. Сейфуллина», допущен к использованию с 2018 года по Северо-Западному региону. Потенциальная урожайность на окультуренных почвах 6,0 т/га, засухоустойчив.

Среднеспелые сорта ярового тритикале. **‘Норманн’** – создан совместно с селекционерами НПЦ НАН Беларуси по земледелию, допущен к использованию по Северо-Западному, Центральному, Дальневосточному регионам с 2012 года. **‘Кармен’** – получен в Верхневолжском ФАНЦ, внесен в Госреестр по Восточно-Сибирскому и Дальневосточному регионам РФ с 2015 года. Стрессоустойчивый в том числе к засухе. Потенциальная урожайность сорта до 7,0 т/га. Сорта **‘Заозерье’** и **‘Доброе’** получены в творческой кооперации с селекционерами НПЦ НАН Беларуси по земледелию, допущены к использованию с 2019 года. Первый – по Волго-Вятскому, Уральскому, Восточно-Сибирскому, Дальневосточному регионам РФ. Второй – еще и по Северо-Западному и Центральному регионам. Потенциальная урожайность сорта **‘Заозерье’** 7,0 т/га, высокорослый, устойчивый к полеганию. **‘Доброе’** – сорт экологически пластичный, высокопродуктивный, с потенциалом до 8,7 т/га. В Республике Беларусь допущен для выращивания сорт **‘Гелио’**, полученный с участием Верхневолжского ФАНЦ. **‘Даурен’** – создан в творческой кооперации с селекционерами АО «Казахский агротехнический университет им. С. Сейфуллина», первый сорт ярового тритикале, допущенный к использованию с 2020 года в Республике Казахстан. Потенциальная урожайность в северных областях республики 5,0 т/га. **‘Слово’** – коллективный труд селекционеров НПЦ НАН Беларуси по земледелию, рекомендован к использованию с 2022 года по Центральному и Волго-Вятскому регионам. Потенциальная урожайность на высокоокультуренных почвах 8,0 т/га, наиболее скороспелый сорт этой группы спелости.

Тритикале озимое ‘Судогда’ – первый озимый сорт, созданный селекционерами Верхневолжского ФАНЦ и Воронежского ФАНЦ им. В.В. Докучаева. Допущен к использованию по Северо-Западному региону с 2021 года. Потенциальная продуктивность на окультуренных почвах более 7,0 т/га.

В настоящее время продолжается совершенствование ярового тритикале по линии создания продуктивных и стрессоустойчивых сортов. Получен новый генетический материал – порядка 500 гибридных популяций F₂–F₅. На почвах разного механического состава выделено более 600 селекционных линий, обладающих комплексом хозяйственно ценных признаков, соответствующих задачам работы, в том числе с потенциальной продуктивностью свыше 8,5 т/га, устойчивых к болезням, в том числе к желтой ржавчине. С 2021 года проходит государственное испытание новый среднеспелый сорт **‘Сельцо’** повышенной экологической стабильности. Подготовлены к передаче на государственные испытания три новых засухоустойчивых сорта зернокармального назначения различного уровня интенсивности, с потенциальной урожайностью фуражного зерна 7,0–9,0 т/га. Разнообразие созданного сортового набора тритикале, охватывающего широкий спектр экологических и агрономических условий, свидетельствует об эффективности экологического принципа в организации селекции.

ПЕРСПЕКТИВЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ГЕНОВ РЕГУЛЯТОРОВ ФАКТОРОВ РОСТА *ScGRF3-2R* В СЕЛЕКЦИИ ТРИТИКАЛЕ И РЖИ

А.Г. Черноок¹, В.В. Панченко²

¹ Всероссийский научно-исследовательский институт сельскохозяйственной биотехнологии, Москва, Россия, Irbis-sibrl@yandex.ru

² Национальный центр зерна имени П.П. Лукьяненко, Краснодар, Россия

PROSPECTS OF USING THE *ScGRF3-2R* GENES REGULATING GROWTH FACTORS IN TRITICALE AND RYE BREEDING

A.G. Ghernook¹, V.V. Panchenko²

¹ All-Russia Research Institute of Agricultural Biotechnology, Moscow, Russia, Irbis-sibrl@yandex.ru

² National Grain Center named after P.P. Lukyanenko, Krasnodar, Russia

Рожь (*Secale cereal* L.) является второй после пшеницы (*Triticum aestivum* L.) культурой, наиболее часто используемой для производства хлеба. Ржаной хлеб представляет большой интерес из-за высокого содержания пищевых волокон и лизина. Тритикале – это гибрид пшеницы и ржи, который может сочетать в себе качества обоих родителей. Тритикале используют как фуражную культуру, для изготовления спирта и биотоплива, добавляют при производстве напитков и хлебобулочных изделий. Мировые лидеры по выращиванию ржи на сегодня: Россия, Германия и Польша, тритикале – Польша, Германия, Франция. Мировые площади выращивания ржи 4,4 млн га, тритикале – 3,8 млн га, по данным FAO.

Факторы, регулирующие рост *GRF* (*GROWTH-REGULATING FACTOR*), представляют собой транскрипционные белки, специфичные для растений, которые играют важную роль в регуляции роста и развития. Хотя в первоначальных исследованиях функция *GRF* была определена только в развитии листьев и стеблей, недавние исследования показали и раскрыли функции *GRF* в других аспектах биологии растений, таких как цветение, развитие семян и корней, контроль роста в условиях стресса и регуляция продолжительности жизни растений. У мягкой пшеницы идентифицировано 30 генов *TaGRF* на 12 хромосомах, которые были разделены на четыре филогенетические группы. Ряд авторов считают, что использование генов азотного обмена в селекции может дать новую волну «зеленой революции» благодаря увеличению урожайности зерна за счет повышения эффективности использования азота. В наших предыдущих работах мы показали зависимость массы 1000 зерен и массы главного колоса от аллельного состояния гена *TaGrf3-2A* яровой тритикале. Гены *Grf* ржи, насколько нам известно, еще не были изучены и описаны в литературе. Мы предполагаем, что они также оказывают значимое влияние на хозяйственно ценные признаки у ржи и тритикале.

В данном исследовании мы секвенировали ген – гомолог пшеничного гена *Grf3* на хромосоме *2R* у образцов ржи и тритикале, обнаружили у него два гаплотипа и создали кодоминантный ПЦР-маркер для их определения. С помощью нового маркера мы изучили влияние аллелей *ScGrf3-2R* среди образцов коллекции яровой тритикале (170 образцов) и ржи (43 образца), предоставленных нам НЦЗ имени П.П. Лукьяненко (Краснодар).

В результате среди изучаемых образцов коллекции яровой тритикале из Краснодара было отмечено, что наличие аллели *ScGrf3-2Rb* привело к увеличению содержания белка (на 0,5%) и клейковины (на 1,5%) в зерне, а аллель *ScGrf3-2Ra* увеличил устойчивость растений к стеблевой ржавчине на 21%. В коллекции ржи было отмечено преимущественное наличие аллели *ScGrf3-2Ra*, и только 3 образца имели аллель *ScGrf3-2Rb*, два из них характеризовались пониженной массой 1000 зерен и числом зерен по сравнению с *ScGrf3-2Ra*. Полученные нами результаты могут предположить

использование аллелей гена *ScGrf3-2R* в селекции тритикале и ржи для создания новых высокопродуктивных сортов, а созданный маркер позволит быстро включить *ScGrf3-2R* в селекционный процесс.

Исследование выполнено при финансовой поддержке Министерства науки и высшего образования Российской Федерации 574, № государственного задания 0431-2022-0001.

ОЦЕНКА НОВЫХ СОРТОВ ТРИТИКАЛЕ ПО БИОХИМИЧЕСКИМ ПОКАЗАТЕЛЯМ ЗЕРНА И ХЛЕБОПЕКАРНЫМ СВОЙСТВАМ ЦЕЛЬНОЗЕРНОВОЙ МУКИ

**Н.Н. Чикида^{1*}, Т.И. Пенева¹, Т.В. Шеленга¹, Т.В. Охотникова¹,
Н.С. Лаврентьева^{2**}, Т.Т. Барсукова², Л.И. Кузнецова²**

¹ Федеральный исследовательский центр Всероссийский институт генетических ресурсов растений имени Н.И. Вавилова, Санкт-Петербург, Россия, *n.chikida@vir.nw.ru

² Научно-исследовательский институт хлебопекарной промышленности, Санкт-Петербургский филиал НИИХП, Санкт-Петербург, Россия, **n.lavrenteva@gosnihp.ru

EVALUATION OF NEW TRITICALE CULTIVARS ACCORDING TO BIOCHEMICAL PARAMETERS OF GRAIN AND BAKING PROPERTIES OF WHOLE GRAIN FLOUR

**N.N. Chikida^{1*}, T.I. Peneva¹, T.V. Shelenga¹, T.V. Okhotnikova¹,
N.S. Lavrentyeva^{2**}, T.T. Barsukova², L.I. Kuznetsova²**

¹ N.I. Vavilov All-Russian Institute of Plant Genetic Resources, St. Petersburg, Russia, *n.chikida@vir.nw.ru

² Scientific Research Institute for the Baking Industry, Saint-Petersburg branch of Scientific Research Institute for the Baking Industry, St. Petersburg, Russia, **n.lavrenteva@gosnihp.ru

В связи с ростом популярности здорового образа жизни весьма актуальными являются разработки, направленные на повышение пищевой ценности хлебобулочных изделий за счет использования основного сырья с высоким содержанием растительного белка, пищевых волокон, витаминов и микронутриентов. Одним из видов такого сырья является мука из зерна тритикале. Современные сорта тритикале дают высокие урожаи зерна и зеленой массы, экологически пластичны, устойчивы ко многим патогенам, пригодны для многоцелевого использования конечной продукции. Качество зерна тритикале определяется генетической структурой сортов. В селекции наиболее перспективными оказались вторичные гексаплоидные тритикале, полученные с использованием сложных схем скрещивания, в результате чего происходит замещение геномов пшеницы геномом ржи и перестройка хромосомного аппарата.

Работы выполнены в ВИР – лаборатории биохимии, а также в Санкт-Петербургском филиале ФГАНУ НИИХП.

В исследования были взяты 14 новых сортов тритикале, поступившие в коллекцию ВИР в последние годы. Коллекция из новых сортов изучена по биохимическим признакам (белок, клейковина, крахмал и др.) и зарегистрирована в виде «белковых формул» по спектрам глиаина, маркирующим отдельные генотипы. Показано, что независимо от места происхождения все сорта монотипные и имеют оригинальную генетическую структуру. Это указывает на их тщательную селекционную проработку и необходимость сохранения на всех этапах семеноводства и при репродукции коллекционного материала.

Значения основных биохимических показателей зерна тритикале, которые определили возможность проведения экспериментальных исследований по выпечке хлеба различными методами, представлены в таблице.

Анализ коллекции сортов тритикале по биохимическим признакам и с помощью хорошо изученных белковых маркеров позволяет не только регистрировать, идентифицировать и сохранять ценный исходный и селекционный материал, но и по наличию в спектрах глиаина компонентов – маркеров отдельных хромосом и локусов определять генетические особенности сортов и прогнозировать, например, с помощью теста на наличие генетического материала хромосомы 1DS упруго эластичные свойства

муки отдельных сортов, а также других полезных и, возможно, нежелательных хозяйственных признаков.

Таблица. Биохимические показатели оценки зерна тритикале (отдел биохимии ВИР, 2021)

№	№ по каталогу ВИР	Название сорта	Происхождение	Белок, %	Влажность, %	Крахмал, %	Клейковина, %	Индекс зелени
1	4079	Кунак	Краснодар	13,8	9,4	67,4	29,4	24,6
2	4080	Сват	Краснодар	11,5	9,7	68,3	24,2	14,6
3	4151	Жнец	Краснодар	12,1	9,5	66,4	26,0	19,4
4	4152	Хлебобоб	Краснодар	14,3	9,4	67,5	33,2	38,4
5	4155	Ярик	Краснодар	14,8	9,4	68,1	34,3	38,6
6	4196	Блюз	Ростовская обл.	14,4	9,5	67,5	33,2	45,9
7	4197	Форте	Ростовская обл.	12,9	9,5	68,4	27,0	22,7
8	4198	Азнавур	Ростовская обл.	15,1	9,4	67,3	35,2	45,4
9	4199	Стюард	Ростовская обл.	17,2	9,4	63,5	37,9	51,4
10	4207	Георг	Саратовская обл.	11,3	9,7	67,7	24,7	17,7
11	4208	НОРД	Липецкая обл.	11,6	9,8	69,3	25,5	18,0
12	4209	Тимирязевская 155	Московская обл.	12,8	9,8	67,6	27,2	23,9
13	4162	Спика	Самарская обл.	17,3	9,9	62,2	37,4	54,9
14	4161	Арктур	Самарская обл.	16,7	9,7	61,6	36,7	55,6

Анализ результатов пробной лабораторной выпечки хлеба показал, что хлебопекарная цельнозерновая тритикалевая мука должна содержать не менее 16,7% хорошей или удовлетворительно слабой по качеству клейковины; количество и качество клейковины муки влияют на формоустойчивость, удельный объем и пористость хлеба, а число падения – на эластичность мякиша. Отмечено, что при проведении пробной лабораторной выпечки дозировку воды на замес теста необходимо рассчитывать, исходя из значения водопоглотительной способности муки для более объективной оценки ее хлебопекарных свойств.

При приготовлении хлеба по стандартизированной методике (ГОСТ 27669-88) наилучшими хлебопекарными свойствами отличались образцы муки из зерна тритикале сортов 'Блюз', 'Азнавур', 'Форте'. Результаты пробной выпечки из муки с повышенной автолитической активностью с использованием закваски (методика СПБФ ФГАНУ НИИХП) показали, что наилучшими физико-химическими и органолептическими показателями характеризовались образцы хлеба, приготовленные из муки зерна тритикале сортов 'Норд' и 'Ярик'. Хлеб из муки, не содержащей клейковины (из зерна тритикале сортов 'Сват', 'Жнец', 'Георг') имел низкий удельный объем, плотный мякиш с плохо развитой пористостью. Такими же качествами обладал хлеб, приготовленный из муки зерна тритикале сорта 'Арктур', имеющей крепкую клейковину (45 ед. пр. ИДК).

Таким образом, в результате изучения новых 14 сортов тритикале по биохимическим показателям зерна и хлебопекарным свойствам цельнозерновой муки выявлены сорта, которые имеют генетическую основу для использования тритикале в хлебопекарном производстве.



**КРУГЛЫЙ СТОЛ
«РОЖЬ: ВЧЕРА, СЕГОДНЯ, ЗАВТРА: ПАМЯТИ
ПОЧЕТНОГО ПРОФЕССОРА ВИР ВЛАДИМИРА
ДМИТРИЕВИЧА КОБЫЛЯНСКОГО»**

**ROUND TABLE
“RYE: YESTERDAY, TODAY, AND TOMORROW (IN
MEMORY OF VLADIMIR D. KOBYLYANSKY,
PROFESSOR EMERITUS OF VIR)”**

МАТРИКАЛЬНАЯ РАЗНОКАЧЕСТВЕННОСТЬ СЕМЯН ОЗИМОЙ РЖИ ПО СОДЕРЖАНИЮ ВОДОРАСТВОРИМЫХ ПЕНТОЗАНОВ

Р.Р. Исмагилов

Башкирский государственный аграрный университет, Уфа, Россия,
Ismagilovr_bsau@mail.ru

MATRICAL HETEROGENEITY OF WINTER RYE SEEDS IN TERMS OF WATER- SOLUBLE PENTOSAN CONTENT

R.R. Ismagilov

Bashkir State Agrarian University, Ufa, Russia, Ismagilovr_bsau@mail.ru

Содержание водорастворимых пентозанов является одним из важных показателей хлебопекарных и кормовых качеств зерна озимой ржи. Величина данного показателя зерна озимой ржи подвержена генотипической и фенотипической изменчивости. Профессором В.Д. Кобылянским установлена возможность изменения генотипа растений по содержанию водорастворимых пентозанов в зерне, и под его руководством созданы сорта озимой ржи со сравнительно низким содержанием данного показателя. В то же время остается неизученной неоднородность семян, вызванная местом формирования их на материнском растении.

С целью установления степени и характера матрикальной разнокачественности семян озимой ржи проводилось изучение содержания водорастворимых пентозанов в зерновках (семянках), сформированных на побегах разного порядка образования и на разных частях колоса. Растения озимой сорта 'Чулпан 7' выращивали на опытном поле Башкирского ГАУ, расположенного в южной лесостепи Республики Башкортостан. Побеги растения по мере их появления (при высоте 10 см) маркировали римскими цифрами: I порядок (главный побег); II, III, IV, V, VI порядок (побеги кущения). Колосья побегов разного порядка образования обмолачивали отдельно. Для изучения изменчивости качества зерновок колосья разделили на пять равных частей (А, Б, В, Г, Д). Каждую часть колоса обмолотили отдельно. При этом буквой А обозначили зерновки нижней части колоса, а верхний части колоса – буквой Д. Содержание водорастворимых пентозанов в зерновках определяли орцинол-хлоридным методом, кинематическую вязкость водного экстракта – при помощи капиллярного вискозиметра ВПЖ.

Результаты исследований показали, что зерновки озимой ржи, сформированные на побегах разного порядка образования по содержанию водорастворимых пентозанов, существенно отличаются. Разница содержания водорастворимых пентозанов в зерновках на побегах разного порядка образования составила 0,75 процентного пункта и коэффициент вариации величины данного показателя 7,62%. Установлено, что содержание водорастворимых пентозанов в зерновках возрастает по мере повышения порядка заложения побега. Максимальное содержание водорастворимых пентозанов было в зерновках побегов VI порядка образования (4,16%) и минимальное содержание водорастворимых пентозанов (3,41%) – в зерновках главного побега растения. Наличие данной закономерности подтвердили результаты определения кинематической вязкости водного экстракта. Величина данного показателя изменялась от 44,68 до 91,51 сСт по мере повышения порядка образования побега.

Семена в пределах колоса озимой ржи по содержанию водорастворимых пентозанов также подвержены вариации. Больше всего их содержание было в зерновках, расположенных на верхней и нижней частях колоса (3,92%), а минимальное количество – на средней части колоса (3,47%). Установлено закономерное снижение содержания водорастворимых пентозанов в зерновках с основания колоса до средней части и в дальнейшем повышение к верхней части колоса. В целом характер изменения данного

показателя качества имеет форму параболы. Изменение кинематической вязкости водного экстракта зерновок имело такой же характер. Величина данного показателя зерновок из средней части колоса составила 41,08 сСт, а верхней и нижней частей колоса 49,72сСт и 51,42 сСт соответственно. Коэффициент вариации величины данного показателя в пределах колоса составил 8,28%.

Матрикальная разнокачественность озимой ржи по содержанию водорастворимых пентозанов, как показали исследования, обусловлена асинхронностью закладки и формирования зерновок на материнском растении, взаимосвязана с другими показателями качества и особенно их размером. По мере увеличения размера зерновок содержание водорастворимых пентозанов и кинематическая вязкость водного экстракта снижаются.

Закономерности изменения содержания водорастворимых пентозанов на материнском растении следует учитывать в селекционном процессе и семеноводстве озимой ржи, технологии возделывания и послеуборочной обработки зерна для разного целевого использования.

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ КОЛЛЕКЦИИ ВИР ДЛЯ РЕАЛИЗАЦИИ ПЕРСПЕКТИВНЫХ НАПРАВЛЕНИЙ В СЕЛЕКЦИИ ОЗИМОЙ РЖИ

**М.Л. Пономарева*, С.Н. Пономарев, Г.С. Маннапова, Л.Ф. Гильмуллина,
Л.В. Илалова, Н.Ш. Гараева, Д.Д. Сайфутдинова, С.И. Фомин, И.О. Иванова,
С.Ю. Павлова**

Казанский научный центр Российской академии наук, Татарский научно-исследовательский институт сельского хозяйства – обособленное структурное подразделение КазНЦ РАН, Казань, *smponomarev@yandex.ru

EXPLOITING THE VIR COLLECTION FOR THE IMPLEMENTATION OF PROMISING TRENDS IN WINTER RYE BREEDING

**M.L. Ponomareva*, S.N. Ponomarev, G.S. Mannapova, L.F. Gilmullina, L.V. Ilalova,
N.Sh. Garaeva, D.D. Sayfutdinova, S.I. Fomin, I.O. Ivanova, S.Yu. Pavlova**

Kazan Scientific Center of the Russian Academy of Sciences, Tatar Research Institute of Agriculture – Subdivision of the Kazan Scientific Center of the Russian Academy of Sciences, Kazan, Russia, *smponomarev@yandex.ru

Посевные площади и валовой сбор зерна озимой ржи значительно снизились за последнее десятилетие вплоть до критических значений в 2019 году, когда в стране возник дефицит зерна этой культуры. Площади возделывания сократились до рекордного минимума 846 тыс. га, а производство – до 1,43 млн тонн. Впервые за полвека Россия стала импортозависимой по зерну ржи. В 2021 г. посевные площади озимой ржи по сравнению с 2019–2020 гг. немного увеличились до 1,1 млн га, чему способствовали устойчивый спрос и повышение закупочных цен на зерно этой культуры. Однако в Республике Татарстан наблюдается стагнация по посевным площадям ржи за последние три года на уровне около 100 тыс. га. Особое значение озимая рожь приобретает в условиях морозных зим и острозасушливых летних месяцев как страховая культура, наиболее устойчивая к абиотическим стрессовым факторам (Гончаренко, 2014; Ермолаева и др., 2019). Ее агротехническая роль первостепенна в адаптивно-ландшафтном земледелии, особенно в регионах с малоплодородными почвами. Таким образом, озимая рожь имеет большое значение для обеспечения доступности продовольствия в России, особенно при изменяющихся климатических тенденциях.

Рожь в последние годы все чаще ассоциируется с трендом здорового питания благодаря своему хорошо сбалансированному макроэлементному составу и наиболее высокому содержанию пищевых волокон в зерне среди всех распространенных злаков (Shewry et al., 2013; Wrigley, Bushuk, 2017; Wanget al., 2018). Кроме того, рожь богата множеством полезных соединений, таких как ряд минералов, витаминов, стеридов, фенольных соединений, лигнанов, алкилрезорцинолов и биоактивных веществ. Эти соединения, сосредоточенные во внешних слоях зерна ржи, обладают многими видами биоактивности (антиоксидантность, антиканцерогенность и др.), которые могут способствовать улучшению метаболических процессов в организме и оздоровительному эффекту.

Поэтому российские селекционные программы по озимой ржи направлены не только на повышение урожайности и адаптацию сортов к широкому спектру неблагоприятных факторов среды, но и на целенаправленное формирование продукции высокого и разнообразного потребительского качества. При этом особое внимание уделяется расширению генетического разнообразия вовлекаемых в скрещивания форм, что даст возможность существенно поднять потенциал селекционных достижений и расширить спектр их сырьевой пригодности. В зависимости от конечного использования зерна ржи следует применять контрастные критерии отбора.

Дифференцирующим показателем, определяющим качество и направление диверсификации ржаного зерна, служат строение, компонентный состав и количество арабиноксиланов (в отечественных публикациях часто называемых пентозанами) (Benderetal., 2017; Lovegroveetal., 2020). Они являются не только ценными биоактивными соединениями ржаного зерна, но и напрямую влияют на его технологические особенности (Красильников, 2015; Przygodzka, Zielinski, 2016; Пономарева, Пономарев, 2019). Другим комплексным параметром, который может предсказать область применения зерна озимой ржи, является вязкость водного экстракта цельнозерновой муки (Пономарева и др., 2015, Goncharenko et al., 2016; Németh, Tömösközi, 2021). В связи с этим нами в тесном сотрудничестве с КИББ ФИЦ КазНЦ РАН проведены исследования по генетической детекции структурно-биологических и функциональных свойств арабиноксиланов ржи.

В рамках поиска фенотипических индикаторов целевых генов проведено многоплановое селекционно-аналитическое изучение более 200 образцов из коллекции Всероссийского института генетических ресурсов растений имени Н.И. Вавилова (ВИР), в том числе у 21 низкопентозанового образца, переданного профессором В.Д. Кобылянским по содержанию водорастворимых пентозанов и вязкости водного экстракта в зерне. Установлено, что содержание водорастворимой фракции арабиноксиланов у них колебалось от 1,91 до 6,54%, коэффициент вариации равнялся 30,5%. Амплитуда варьирования вязкости водного экстракта находилась в пределах 5,44 до 34,5мПа*s, а коэффициент вариации составил 41,5%.

В ходе исследований из коллекции ВИР выделены образцы с низким содержанием водорастворимых арабиноксиланов: 'Саратовская 6', 'Безенчукская 87', 'Антарес', 'Огонек', 'Марусенька', 'Державинская 90' (все из РФ), 'Albedo', (Чехия), 'Altabar' (Испания), 'Trenelense' (Аргентина), 'Jana' (Латвия). По многолетним данным из набора низкопентозановых образцов, полученных от профессора В.Д. Кобылянского, интерес для селекции представляют 'Подарок', 'Берегиня', 'Номаго' и 'Ольга 3'. На основе одного из выделившихся образцов из коллекции ВИР нами совместно с В.Д. Кобылянским и О.В. Солодухиной был создан одноименный сорт озимой ржи 'Подарок', который с 2016 года допущен к использованию в Средневолжском и Волго-Вятском регионах РФ. Данный сорт в настоящее время входит в топ-10 рейтинга сортов-лидеров озимой ржи по объемам посева в России.

Транскриптомный анализ позволил выявить в геноме ржи множество генов, кодирующих гликозилтрансферазы и гликозилгидролазы, ответственные за синтез и деградацию арабиноксиланов, глюканов со смешанными связями, целлюлозы и некоторых других полисахаридов (Kozlovaetal., 2021). У сорта 'Татарская 1' (с высокой вязкостью) выявлена повышенная регуляция группы гликозилтрансфераз, участвующих в биосинтезе арабиноксиланов и других полисахаридов клеточной стенки. Они ответственны за структуру и распределение боковых цепей АК. У низковязкого сорта 'Марусенька', напротив, продемонстрирована повышенная экспрессия нескольких генов, кодирующих ферменты, разрушающие эти полисахариды.

СТРАТЕГИЯ СЕЛЕКЦИИ ОЗИМОЙ РЖИ В ТАЕЖНОЙ ЗОНЕ ЗАПАДНОЙ СИБИРИ

А.Б. Сайнакова, П.Н. Бражников, О.В. Литвинчук

Сибирский федеральный научный центр агробиотехнологий Российской Академии наук,
Сибирский научно-исследовательский институт сельского хозяйства и торфа – филиал
СФНЦА РАН, Томск, Россия, annasaynakova@vtomske.ru

WINTER RYE BREEDING STRATEGY IN THE TAIGA ZONE OF WESTERN SIBERIA

A.B. Sainakova, P.N. Brazhnikov, O.V. Litvinchuk

Siberian Federal Research Center of Agrobiotechnologies of the Russian Academy of Sciences,
Siberian Research Institute of Agriculture and Peat – branch of the of SFSCA RAS, Tomsk,
Russia, annasaynakova@vtomske.ru

Озимая рожь одна из важных зерновых культур, имеющая многогранное применение в питании, перерабатывающей промышленности и кормопроизводстве. Благодаря высокой адаптационной способности, стабильности урожаев зерна и зеленой массы на почвах различного уровня плодородия, она является культурой низкого экономического риска.

Особенности климатических условий Западной Сибири усложняют задачи селекции многих культур, в том числе и озимой ржи. В настоящее время первоочередными задачами для всех зон ее возделывания являются: создание высокопродуктивных сортов, обладающих стабильностью урожаев в пространстве и во времени, устойчивых к болезням, неблагоприятным факторам внешней среды, сочетающих высокую урожайность с устойчивостью к полеганию.

Использование сортов озимой ржи для селекции в Западной Сибири ограничено, прежде всего, их зимостойкостью. Правильно подобранные родительские формы с определенными морфологическими и хозяйственно ценными свойствами для специфических условий обеспечивают более высокую продуктивность, проявляя при этом повышенную адаптивность. Кроме того, прогресс в селекции достигается за счет использования современных методов, позволяющих создавать разнообразные генотипы с необходимыми признаками и свойствами, отвечающие поставленным задачам.

Исследования проводятся в Нарымском отделе селекции и семеноводства СибНИИСХиТ – филиала СФНЦА РАН (г. Колпашево, Томская область). Почвенно-климатические условия таежной зоны позволяют создавать высокозимостойкие, урожайные и пластичные сорта озимой ржи с широким диапазоном устойчивости к абиотическим и биотическим стрессорам. Уникальность района исследований состоит в том, что он является самым северным пунктом Западно-Сибирского региона, где ведется селекционная работа по ряду сельскохозяйственных культур, в том числе по озимой ржи. Климат резко континентальный с продолжительной суровой зимой и коротким, но жарким, нередко засушливым летом. Снежный покров держится около семи месяцев (обычно с октября по апрель). Безморозный период короткий (в целом насчитывает 90–130 дней, но в отдельные годы сокращается до 30 дней). Годовое количество осадков составляет около 500 мм, в том числе в период вегетации – более 300 мм. Сумма температур воздуха выше +10°C равна 1300–1600°C. Почвы опытных участков дерново-подзолистые, кислые (рН_{сол} 4,3–4,9), супесчаные и суглинистые по гранулометрическому составу, с содержанием гумуса в пахотном горизонте не более 2%.

За последние 7 лет в Госреестр селекционных достижений РФ включено два сорта озимой ржи нарымской селекции. Исходным материалом для создания сортов

‘Нарымчанка’ и ‘Сударушка’ послужила рабочей коллекция озимой ржи, сформированная в 1986 году из сортов и гибридов, присланных из коллекций ВИР и СибНИИРС, а также сорта и гибриды собственной селекции.

Методом создания сорта ‘Нарымчанка’ был индивидуально-семейственный отбор из гибридной популяции, созданной с использованием сортов ‘Крона’, ‘Вятка’ и ‘Нарымская 89’.

Первое скрещивание при создании сорта ‘Нарымчанка’ было проведено в 1990 году, в дальнейшем в течение ряда лет проводились насыщающие скрещивания сортом ‘Вятка’. В качестве материнской формы был использован зимостойкий высокоурожайный крупнозерный сорт немчиновской селекции ‘Крона’ с высокими технологическими и хлебопекарными качествами, имевший выше средней устойчивость к поражению снежной плесенью, бурой и стеблевой ржавчинами. Сорт, выведенный методом сложной гибридизации сортов ‘Вятка 2’, ‘Восход 2’, ‘Чулпан’, ‘Камалинская 13’, ‘Даньковские злоте’ и других с последующим многократным индивидуально-семейным отбором. Его биологические особенности: Вегетационный период 330–340 дней. Пригоден для возделывания на всех типах почв, в том числе и на почвах с низким уровнем плодородия. Масса 1000 зерен 25–35 г. Содержание сырого протеина в зерне – 11–14,9%. Число падения варьирует в пределах 92–272 сек (в среднем 180 сек).

Использованный для насыщающих скрещиваний сорт ‘Вятка’ благодаря высокой зимостойкости, пластичности выдержал более чем 70-летнее производственное использование. Созданный из крестьянской ржи деревни Крысовская Вятского уезда отборами по крупности зерна, а затем и по продуктивности растений. Сорт урожайный, зимостойкий, довольно устойчив к грибным заболеваниям. Недостатками сорта являются длинная соломина и склонность к осыпанию зерна из спелых колосьев.

В 1998 году в качестве отцовской формы был привлечен сорт ‘Нарымская 89’, с которым также было проведено несколько насыщающих скрещиваний. Сорт ‘Нарымская 89’ не был включен в Госреестр, но до настоящего времени используется в селекции как источник высокой зимостойкости.

В 2010 году сорт ‘Нарымчанка’ был передан в государственное сортоиспытание и в 2015 году включен в Госреестр селекционных достижений РФ по 10 Западно-Сибирскому региону. Сорт урожайный, короткостебельный, высокозимостойкий, толерантный к эдафическому стрессу, устойчивый к полеганию. Обладает высокой регенерационной способностью после выпревания и поражения снежной плесенью.

В селекции сорта ‘Сударушка’ был использован метод создания сложно-гибридных популяций и источники доминантной короткостебельности, что позволило улучшить архитектуру растений и увеличить устойчивость к полеганию. Исходный гибрид (Данае короткая × Чулпан) был получен в 1986 году из СибНИИРСа по программе обмена селекционным материалом. В качестве отцовской формы использовался сорт ‘Нарымская 89’. Следующим был привлечен короткостебельный сорт с высокой урожайностью зерна ‘Чулпан 2’ селекции Башкирского НИИСХ. Затем были привлечены сорта ‘Петровна’ (нарымской селекции) как источник высокой зимостойкости и крупнозерности и ‘Фалёнская 4’ (Федеральный аграрный научный центр Северо-Востока имени Н.В. Рудницкого) как источник устойчивости к высокой кислотности почвы.

Полученная в результате индивидуально-семейственного отбора популяция 52/09 была передана в государственное сортоиспытание в 2018 году и включена в Госреестр селекционных достижений РФ в 2021 году под названием ‘Сударушка’. Сорт обладает высокой стабильной продуктивностью и способностью сохранять оптимальный стеблестой на протяжении всего вегетационного периода, в меньшей степени поражается снежной плесенью, характеризуется повышенной зимостойкостью, средней устойчивостью к бурой ржавчине и мучнистой росе. Сорт также обладает высокими

хлебопекарными качествами и может использоваться как улучшитель при выпечке ржаного хлеба.

Таким образом, использование метода сложногибридных популяций и привлечение доноров доминантной короткостебельности позволили создать сорт озимой ржи, обладающий комплексом хозяйственно ценных признаков и превосходящий предыдущие сорта нарымской селекции по ряду параметров.

СЕЛЕКЦИЯ ОЗИМОЙ РЖИ В ВЕРХНЕВОЛЖСКОМ ФЕДЕРАЛЬНОМ АГРАРНОМ НАУЧНОМ ЦЕНТРЕ

С.Е. Скатова^{1*}, О.В. Солодухина²

¹ Верхневолжский федеральный аграрный научный центр, Суздаль, Россия,
*skatova05@mail.ru

² Федеральный исследовательский центр Всероссийский институт генетических ресурсов
растений имени Н.И. Вавилова, Санкт-Петербург, Россия

WINTER RYE BREEDING AT THE UPPER VOLGA FEDERAL AGRICULTURAL RESEARCH CENTER

S.E. Skatova^{1*}, O.V. Solodukhina²

¹ Upper Volga Federal Agrarian Research Center, Suzdal, Russia, *skatova05@mail.ru

² N.I. Vavilov All-Russian Institute of Plant Genetic Resources, St. Petersburg, Russia

Для Нечерноземной зоны озимая рожь – незаменимая культура по стрессоустойчивости, низкозатратности и способности произрастать на низко плодородных почвах. Вытеснение ржи с полей в 1990-х годах явилось одной из причин свертывания земледелия на дерново-подзолистых и песчаных почвах. К сожалению, в настоящее время положение продолжает ухудшаться, и эта бюджетная культура с высокой питательной, диетической и экологической ценностью, оздоравливающая население, переходит в разряд малораспространенных.

Селекционное совершенствование ржи привело к росту потенциала урожайности ее сортов. В конкурсном сортоиспытании Верхневолжского ФАНЦ средняя урожайность озимой ржи за 2006–2021 гг. равнялась 6,50 т/га, а озимой пшеницы – 6,06 т/га. Лучшие популяционные сорта формировали урожайность свыше 8 т/га. Такая продуктивность вполне достаточна для рентабельного выращивания культуры.

Высокая стрессоустойчивость озимой ржи позволяет ей давать более стабильный, чем у озимой пшеницы, урожай на серых лесных почвах с содержанием гумуса 3,0–3,4%. Средняя урожайность озимой пшеницы в конкурсном сортоиспытании варьировала по годам от 2,03 до 7,71 т/га, а озимой ржи, соответственно, от 5,51 до 7,83 т/га. За шестнадцатилетний период озимая рожь уступила озимой пшенице всего 2 раза; 5 лет урожайность обеих культур была одинаковой; 9 лет рожь имела преимущество. Наиболее проблемными признаками, требующими селекционного совершенствования ржи, были устойчивость к полеганию и выпреванию при соблюдении технологии возделывания. Резкое (на 30,2%) снижение урожайности озимой ржи по сравнению с озимой пшеницей в 2008 г. было связано с полеганием, а в 2020 г. (на 20,3%) – с выпреванием.

Создание неполегающих сортов на основе доминантной короткостебельности Н1, открытой В.Д. Кобылянским, используется во всех селекционных учреждениях. Это позволило укоротить стебель озимой ржи и увеличить устойчивость к полеганию. Максимальная урожайность в конкурсном сортоиспытании была получена у сорта с доминантной короткостебельностью ‘Парча’ (8,7 т/га в 2017 г.). Средняя высота сортов с доминантным типом короткостебельности снижалась перманентно. Сначала до 143–147 см (сорт ‘Память Кондратенко’), затем до 132–137 см (сорта ‘Парча’ и ‘Грань’). В настоящее время лучший популяционный материал имеет среднюю высоту 118–124 см, а ее варьирование по годам сужено до 110–132 см. Для сравнения: широко известный сорт озимой пшеницы ‘Мироновская 808’ имел среднюю высоту растения в аналогичных условиях 112 см. ФИЦ «Немчиновка» и Верхневолжским ФАНЦ создан и в настоящее время проходит государственное сортоиспытание среднеспелый сорт ‘Перемена’. Его средняя урожайность в конкурсном сортоиспытании 7,66 т/га, с прибавкой к стандарту 7,1%, при высокой устойчивости к полеганию (8-9 баллов), зимостойкости (95%), высоких

хлебопекарных качествах (ч.п. 194 сек.), от слабой до средней степени восприимчивости к болезням.

Причины сокращения площадей под озимой рожью обусловлены большей частью не неудовлетворительным сортовым набором, а нарушениями технологии выращивания, которые сейчас наблюдается повсеместно, и снижают урожайность в размерах, превышающих сортовые различия. Ранний посев, завышение посевных норм, нерациональное внесение азота провоцируют сильное полегание и выпревание, причем даже в благополучные по погодным условиям годы. Сюда же относится и игнорирование своевременности уборки, что приводит к осыпанию, полеганию, прорастанию зерна и потере его качества, а также к снижению урожайных качеств семян.

Рожь, как никакая другая зерновая культура, реагирует на перестой на корню снижением урожайных качеств семян. Различия в урожайности в зависимости от экологии выращивания семян в благоприятных условиях погоды составляли 0,2–0,6 т/га ($НСР_{05} = 0,14–0,45$ т/га). В неблагоприятных условиях выращивания потери из-за снижения урожайных качеств семян огромны. Например, дожди в период «восковая – полная спелость» в 2020 г. привели к снижению урожайных свойств семян всех без исключения сортов и гибридных популяций в 1,7–2,3 раза, что превысило все сортовые различия. Невозможность получить семена озимой ржи в одинаковых условиях поля создает трудности в селекции и сортоиспытании, поскольку особенности опыления культуры не дают возможности вырастить семена разных сортов в одинаковых условиях. Это, в свою очередь, является трудно преодолеваемым препятствием как в селекции на продуктивность, так и в сортоиспытании, вызывая необходимость сравнения материала по многолетним данным.

Наряду с достижением высокого потенциала урожайности сортов озимой ржи целесообразно проводить селекционную работу с этим генофондом по линии улучшения ценных качеств зерна. В настоящее время в ВИР В.Д. Кобылянским разработана стратегия и технология селекции низкопентозановой ржи, основанная на понижении содержания водорастворимых пентозанов в зерне до уровня их количества в зерне пшеницы. Технология позволяет на основе любого селекционного материала получить низкопентозановый сорт ржи. Создание кормовых сортов позволит заменить пшеницу при кормлении поросят, птицы и диверсифицировать производство зерна озимой ржи. Причем у кормовых низкопентозановых сортов не снижаются хлебопекарные свойства, т. е. такие сорта имеют универсальное использование.

Результаты конкурсного сортоиспытания озимой ржи 2017–2021 годов показали, что снижение количества полипентозанов в зерна за счет увеличения доли тонкопокровных зерен не вызвало понижения продуктивности низкопентозанового аналога сорта озимой ржи 'Парча'. Получение таких аналогов в несвойственном сорту ареале, ввиду особенности опыления и работе наряду с селекционным отбором еще и естественного отбора, может порождать некоторые изменения фенотипа, например, по высоте растения или по продолжительности вегетационного периода. Поэтому работу целесообразно проводить в зоне районирования сорта, что дает возможность «доработать» фенотип в процессе семеноводства и не будет требовать лишних затрат, особенно если механизировать отбор тонкопокровных зерен с помощью фотоэлементов.

ВКЛАД ВЛАДИМИРА ДМИТРИЕВИЧА КОБЫЛЯНСКОГО В РАЗВИТИЕ ИССЛЕДОВАНИЙ РЖИ

О.В. Солодухина

Федеральный исследовательский центр Всероссийский институт генетических ресурсов растений имени Н.И. Вавилова, Санкт-Петербург, Россия, osolodukhina@yandex.ru

V.D. KOBLYANSKY'S CONTRIBUTION TO THE DEVELOPMENT OF RYE RESEARCH

O.V. Solodukhina

N.I. Vavilov All-Russian Institute of Plant Genetic Resources, St. Petersburg, Russia, osolodukhina@yandex.ru

Владимир Дмитриевич Кобылянский – талантливый ученый, пытливый исследователь – большую часть своей научной деятельности посвятил изучению ржи, хотя его интересы распространялись и на другие зерновые культуры (пшеницу, ячмень, овес). Теоретические и экспериментальные исследования в области анатомии, цитозембриологии, генетической совместимости существующих 14 видов рода *Secale* L. легли в основу предложенной им новой естественной ботанической системы рода, которая включает только четыре вида: *S. silvestre* Host, *S. iranicum* Kobyl., *S. montanum* Guss. s.l. и *S. cereale* L. s.l. Новая рациональная система рода позволила более эффективно использовать дикие виды ржи для целей селекции.

При изучении мировых генетических ресурсов, сосредоточенных в ВИР, Владимир Дмитриевич уделял внимание не только межсортовой, но и внутривидовой изменчивости образцов ржи, позволяющей выявлять редкие генотипы растений с признаками, не встречавшимися ранее. Как результат, им была предложена концепция создания генетической коллекции источников и доноров генов, контролируемых хозяйственно ценными признаками для решения актуальных проблем селекции. Решая одну селекционную проблему, он уже думал о решении другой.

Проводимые исследования позволили инициировать развитие новых приоритетных направлений в селекции озимой ржи, таких как селекция гетерозисных гибридных сортов, селекция короткостебельных неполегающих сортов, селекция на устойчивость к листовым болезням, селекция короткостебельной ржи с повышенной урожайностью на основе оптимизации потенциала фотосинтеза растений, селекция низкопенитозановой ржи универсального использования.

Селекция гибридной ржи, основанная на использовании явления гетерозиса, стала возможной после первооткрытия Владимиром Дмитриевичем явления цитоплазматической мужской стерильности (ЦМС) R-типа с моногенным рецессивным генетическим контролем признака и разработкой методов создания генетических систем ЦМС, пригодных для использования в селекции.

Имя Владимира Дмитриевича неразрывно связано с решением проблемы полегания ржи. Он является автором доминантного *Hl* (син. *DW1*) и двух рецессивных (*tn1*, *tn2*) генов, обуславливающих короткостебельность ржи. Ген *Hl* снижает высоту растений на 40% за счет сокращения длины каждого междоузлия. Плейотропное действие гена *Hl* проявляется в увеличении корневой системы растений, увеличении площади листьев и в увеличении числа колосков в колосе. Гены *tn1*, *tn2* снижают высоту растений за счет уменьшения числа междоузлий, приводя к формированию трехузловости. С использованием источников и доноров гена доминантной короткостебельности селекционерами выведено около 80% сортов ржи в РФ и около 90% – в странах СНГ. Количество созданных короткостебельных неполегающих сортов с геном *Hl* и их распространение равноценно проведению «зеленой революции» в селекции ржи.

Уменьшение высоты стебля и плеiotропное действие гена *Hl* короткостебельной ржи изменило параметры и форму других органов растений, отвечающих за накопление, распределение и направленность продуктов фотосинтеза. Выявлено, что растения изменили модель фотосинтеза из «стеблевой», как у высокостебельной ржи, на «листовую», как у пшеницы. В связи с тем, что у короткостебельной ржи верхний ярус растений вносит наибольший вклад в формирование урожая зерен, проведен дивергентный отбор растений в популяции короткостебельного сорта 'Эра' по признаку ширины двух верхних листьев с целью увеличения их фотосинтезирующей площади и, следовательно, продуктов фотосинтеза. В результате площадь фотосинтезирующей поверхности широколистных растений увеличилась почти в 2,5 раза. Это привело к увеличению длины колоса, урожая зерна с колоса, массы 1000 зерен.

Под его руководством и участием идентифицированы первые 9 олигогенов, контролирующих устойчивость ржи к возбудителям бурой (*Lr4*, *Lr5*, *Lr6*, *Lr7*, *Lr8* и *Lr10*), стеблевой (*Sr1* и *Sr2*) ржавчинам и мучнистой росы (*Er*). Разработаны теоретические основы селекции ржи на устойчивость к листостебельным болезням. На основании полученных научных разработок с его авторским участием создано 6 сортов ржи, устойчивых к болезням: 'Ильмень', 'Ника', 'Кировская 89', 'Ольга', 'Эстафета Татарстана' и 'Эра'.

Последние исследования Владимира Дмитриевича касались разработки технологии селекции и семеноводства озимой ржи с пониженным содержанием водорастворимых пентозанов в зерне. Зерно классической ржи, содержащее высокое количество водорастворимых пентозанов, в отличие от зерна других культур не пригодно к прямому использованию в кормлении животных. При его употреблении в желудке животных образуются вязкие слизи, препятствующие пищеварению и усвоению корма. С использованием предложенной технологии совместно с селекционерами впервые в мире создано 6 сортов ржи нового типа ('Берегиня', 'Янтарная', 'Подарок', 'Вавиловская', 'Красноярская универсальная' и 'Новая Эра') с низким содержанием пентозанов в зерне универсального использования в комбикормовой, хлебопекарной и перерабатывающей промышленности.

Талант исследователя-селекционера позволил В.Д. Кобылянскому сформировать уникальный генофонд ржи, включающий высокопродуктивные неполегающие образцы с устойчивостью к биотическим и абиотическим факторам среды (морозостойкости, зимостойкости, устойчивости к основным грибным болезням) и высоким качеством зерна (высоким содержанием белка, низким содержанием водорастворимых пентозанов, высокими хлебопекарными свойствами). С его участием создано более 120 доноров и 20 сортов озимой ржи. Кроме этого – 1 сорт овса, 1 сорт ячменя, 1 сорт яровой пшеницы и 1 сорт голозерной полбы.

Результаты многолетних исследований Владимира Дмитриевича представлены в 370 научных публикациях и обобщены в 4 монографиях. Он щедро делился своими знаниями со своими учениками-единомышленниками. Под его руководством подготовили и защитили диссертации 28 аспирантов и 5 докторов наук, которые успешно продолжают исследования по решению актуальных задач, стоящих перед селекцией.

**КРУГЛЫЙ СТОЛ
«СОРАТНИКИ И ПОСЛЕДОВАТЕЛИ
Н.И. ВАВИЛОВА – В РЕГИОНАХ РОССИИ»**

**ROUND TABLE
“COMPANIONS AND FOLLOWERS OF N.I. VAVILOV –
IN THE REGIONS OF RUSSIA”**

**«ВСЁ ЭТО – ДЛЯ ПРОДОВОЛЬСТВЕННОЙ БЕЗОПАСНОСТИ РОССИИ»:
НОВЫЕ МАТЕРИАЛЫ О РАЗВИТИИ ВИР В РЕГИОНАХ РОССИИ В 1920–1940 гг.**

И.В. Котелкина

Федеральный исследовательский центр Всероссийский институт генетических ресурсов растений имени Н.И. Вавилова, Санкт-Петербург, Россия, i.kotielkina@vir.nw.ru

**“ALL THIS IS FOR THE FOOD SECURITY OF RUSSIA”: NEW MATERIALS
ON THE DEVELOPMENT OF VIR IN THE REGIONS OF RUSSIA IN 1920–1940**

I.V. Kotelkina

N.I. Vavilov All-Russian Institute of Plant Genetic Resources, St. Petersburg, Russia,
i.kotielkina@vir.nw.ru

Продовольственная безопасность является важнейшим видом национальной безопасности, значимым социально-экономическим показателем развития российских регионов. Доктрина продовольственной безопасности Российской Федерации утверждена Указом Президента Российской Федерации от 30 января 2010 года № 120. «Основными задачами обеспечения продовольственной безопасности независимо от изменения внешних и внутренних условий являются: своевременное прогнозирование, выявление и предотвращение внутренних и внешних угроз продовольственной безопасности, минимизация их негативных последствий за счет постоянной готовности системы обеспечения граждан пищевыми продуктами, формирования стратегических запасов пищевых продуктов; устойчивое развитие отечественного производства продовольствия и сырья, достаточное для обеспечения продовольственной независимости страны; достижение и поддержание физической и экономической доступности для каждого гражданина страны безопасных пищевых продуктов в объемах и ассортименте, которые соответствуют установленным рациональным нормам потребления пищевых продуктов, необходимых для активного и здорового образа жизни; обеспечение безопасности пищевых продуктов» (<http://www.scrf.gov.ru/security/economic/document108/>).

Сохранение генетических ресурсов растений – основа продовольственной безопасности.

Указом президента РФ от 8 февраля 2022 года № 44 «О Национальном центре генетических ресурсов растений» создан Национальный центр генетических ресурсов растений на базе Федерального исследовательского центра Всероссийский институт генетических ресурсов растений имени Н.И. Вавилова (ВИР) (<http://www.kremlin.ru/acts/bank/47531>).

ВИР прошел долгий путь от Бюро по прикладной ботанике Ученого комитета Министерства земледелия и государственных имуществ (1894) до Федерального исследовательского центра Всероссийский институт генетических ресурсов растений имени Н.И. Вавилова (ВИР), сохраняя лидерство «по систематическому сбору, комплексному изучению, гарантированному сохранению и рациональному использованию генетических ресурсов растений и их диких родичей для решения проблем, непосредственно связанных с обеспечением национальной и глобальной продовольственной безопасности» (Лоскутов, 2020). Сегодня активно развивается процесс «трансформации генетических банков в биоресурсные центры и тенденция к интеграционному сетевому взаимодействию коллекций одинакового типа» (Хлесткина, 2022).

Период с 1920 по 1940 г. для ВИР, во главе с директором Николаем Ивановичем Вавиловым, является одним из самых важных и эффективных не только для института, но и для становления и развития других отечественных и иностранных научных и опытных организаций.

В 1921 г. Вавилов был избран заведующим Отделом прикладной ботаники и селекции Сельскохозяйственного ученого комитета, который был реорганизован во Всесоюзный институт прикладной ботаники и новых культур (ВИПБиНК) (1924), ставший первым, головным институтом в системе ВАСХНИЛ (1929).

В 1924–1940-х гг. Вавилов был директором созданного им ВИПБиНК, позднее, в 1930 г., переименованного во Всесоюзный институт растениеводства (ВИР). В течение данного периода одним из главных направлений его деятельности в качестве президента (1929–1935) и вице-президента (1935–1940) ВАСХНИЛ, президента Всесоюзного географического общества (1931–1940) было создание научных институтов и предоставление мощного импульса развитию отечественной сельскохозяйственной и биологической науке.

Начиная с 1920-х гг. Вавилов создает при ВИР сеть периферийных экспериментальных отделений в различных почвенно-климатических зонах советской страны, осенью 1923 г. основывает «географические опыты» по изучению изменчивости растений на территории СССР, образованного в 1922 г. Начиная с 1927 г. изучение морфологических и физиологических изменений, претерпеваемых одними и теми же сортами важнейших культурных растений в различных условиях, велось в 115 пунктах по определенной программе. Благодаря, обобщению всего «хаоса форм», коллекция ВИР к 1940 г. насчитывает свыше 200 тысяч образцов, работает сеть опытных станций и опорных пунктов в основных зонах растениеводства страны. Один из коммунистических лозунгов того времени гласил: «Улучшить, усилить питание, удешевить корм, обновить, одежду, украсить жизнь зеленью и воздух кислородом. Новые деревья, злаки, травы и цветы – ВПЕРЕД!» (СССР на стройке, 1933, с. 1). Именно ВИР, говоря со всеми простым и понятным языком, смог решить многие задачи обновления и развития растениеводства на основе достижений науки, стать «нужным учреждением, возможно полезным для всех...» (Н.И. Вавилов..., 1977, с. 103).

По согласованию с вышестоящими и местными руководящими органами в различных советских республиках, краях и областях ВИР создает отделения, станции, опорные пункты, многие из которых функционируют и сегодня: Центральная генетическая станция в Детском селе (1922) (ныне НПБ «Пушкинские и Павловские лаборатории ВИР»), Полярная опытная станция – филиал ВИР (1923), Кубанская опытная станция – филиал ВИР (1924), Дальневосточная опытная станция – филиал ВИР (1929), Майкопская опытная станция – филиал ВИР (1930), Волгоградская опытная станция – филиал ВИР (1932), Адлерская опытная станция – филиал ВИР (1935), Дагестанская опытная станция – филиал ВИР (1935), Крымская опытно-селекционная станция – филиал ВИР (1935). «Мы не представляем себе нормальной работы Института растениеводства без ряда опытных станций в различных зонах как для проведения работ по интродукции новых сортов и культур, по планомерному обеспечению селекционной системы исходным сортовым материалом, так и по растениеводческому освоению новых территорий» (Вавилов, 1965, с. 671, 672). В довоенный отрезок времени (1925–1937) организованы также опытные станции и отделения на Украине, Кавказе, в Крыму, Казахстане, Азербайджане, Средней Азии, Белоруссии и др.

Именно благодаря первому директору Николаю Вавилову в ВИР с самого начала работала целая плеяда талантливых ученых, многие из которых были его единомышленниками, учениками. В 1920–1940-х гг. ВИР занимал первое место в рейтинге по квалификации сотрудников в области биологии и сельского хозяйства.

В рамках подготовки к празднованию 135-летия со дня рождения Вавилова, сотрудниками библиотечно-издательского отдела, архива и опытных станций – филиалов ВИР была проделана большая работа по сбору архивных документов, фотографий, статистических и других материалов, отражающих результаты деятельности института в период с 1920 по 1940 г. Особое значение придавалось филиальной сети ВИР в различных регионах России, была поставлена задача по возвращению забытых имен

ученых и специалистов, участвовавших в организации и становлении опытной сети в российских регионах. В результате созданы первые полные списки сотрудников региональных подразделений ВИР, включающие сотни имен, работавших в довоенный период. Списки предстоит проверять и дополнять – эта работа на многие годы. Более того, ВИР приступил к созданию биобиблиографической интернет-энциклопедии «Ученые ВИР» (<https://www.vir.nw.ru/biobibliograficheskaya-entsiklopediya-uchenye-vir/>).

Список литературы

- Вавилов Н.И. Избранные труды: в 5 т. Т. 5. Москва ; Ленинград : Наука, 1965. С. 670–673.
- Доктрина продовольственной безопасности Российской Федерации: (Утверждена Указом Президента Российской Федерации от 30 января 2010 года № 120) // Совет Безопасности Российской Федерации: [сайт]. URL: <http://www.scrf.gov.ru/security/economic/document108/> (дата обращения: 12.10.2022).
- Лоскутов И.Г. От Бюро по прикладной ботанике до института по генетическим ресурсам растений (в ознаменование 125-летия ВИР) // *Vavilovia*. 2020. Т. 3, № 1. С. 42–59. <https://doi.org/10.30901/2658-3860-2020-1-42-59>
- Н. И. Вавилов – Г. С. Зайцеву // *Природа*. 1977. № 4 (740). С. 102–115.
- О Национальном центре генетических ресурсов растений: Указ Президента Российской Федерации от 08.02.2022 № 44. Официальный интернет-портал правовой информации. URL: <http://www.kremlin.ru/acts/bank/47531> (дата обращения: 12.10.2022).
- СССР на стройке: ежемесячный иллюстрированный журнал. 1933. № 5. С. 1.
- Хлесткина Е.К. Генетические ресурсы России: от коллекций к биоресурсным центрам // *Труды по прикладной ботанике, генетике и селекции*. 2022. Т. 183, № 1. С. 9–30. DOI: 10.30901/2227-8834-2022-1-9-30

**ОТ ПОЛЯРНОЙ СТАНЦИИ ВИР ДО СРЕДНЕАЗИАТСКИХ ЭКСПЕДИЦИЙ:
ИЗ ФОНДОВ МЕМОРИАЛЬНОГО КАБИНЕТА-МУЗЕЯ Н.И. ВАВИЛОВА
В ИНСТИТУТЕ ОБЩЕЙ ГЕНЕТИКИ ИМЕНИ Н.И. ВАВИЛОВА (г. МОСКВА)**

Т.Б. Авруцкая

Институт общей генетики им. Н.И. Вавилова РАН, Мемориальный кабинет-музей Н.И. Вавилова, Москва, Россия, tata221151@mail.ru

**FROM THE POLAR STATION TO THE CENTRAL ASIAN EXPEDITIONS: THE
MATERIALS OF N.I. VAVILOV'S MEMORIAL STUDY (MUSEUM) AT THE
VAVILOV INSTITUTE OF GENERAL GENETICS IN MOSCOW**

T.B. Avrutskaya

N.I. Vavilov Institute of General Genetics RAS, Moscow, Russia, tata221151@mail.ru

В фондах Мемориального кабинета-музея Н.И. Вавилова обнаружены документы и фотографии, свидетельствующие о посещении Полярной и Среднеазиатской опытных станций ВИР иностранными учеными – Дж. Ацци и С.К. Харланда в 30-х гг. XX века. Дается описание указанных материалов.

In the funds of the Memorial Cabinet-Museum of N.I. Vavilov, documents and photographs were found that testify to the visit of foreign scientists – J. Azzi and S.K. Harland – in the 1930s to the Polar and Central Asian Experiment Stations of VIR. The description of the specified materials is given.

В фондах Мемориального кабинета-музея Н.И. Вавилова сохранились фотографии о пребывании на Полярной опытной станции ВИР итальянского ботаника, агрометеоролога, эколога, директора Института сельскохозяйственной экологии в Перудже, сотрудника Международного института сельского хозяйства в Риме Джироламо Ацци, автора монографий «Климат пшеницы», «Сельскохозяйственная экология», «Распределение пшениц по климатическим зонам мира». Он жил в Петербурге как представитель Международного института в 1911–1913 гг., знал русский язык. Вавилов неоднократно встречался с Ацци, совершил с ним путешествие по Умбрии в 1926 г. На фотографиях мы видим Н.И. Вавилова, Дж. Ацци, Д. Костова и др., осматривающих поля и теплицы в сопровождении Е.С. Кузнецовой, проводившей географические посевы на Полярной станции ВИР. После отъезда итальянского ученого Н.И. Вавилов отправил ему письмо (Италия, Перуджа, 10 октября 1935 г.): «Я действительно очень рад, что Ваша поездка была такой хорошей, и что Вы так много узнали. Вы воистину совершили замечательное путешествие от Полярного круга до Арарата. Ничего не может быть лучше». Из письма мы также узнали о том, что Ацци был послан альбом с фотографиями, которые сделал д-р Бордаков. Видимо дубликаты фотографий о пребывании Ацци и Вавилова на Полярной станции и хранятся в музее Н.И. Вавилова Института общей генетики РАН и требуют дальнейшей работы по атрибуции.

Также в фондах музея сохранился уникальный исторический документ – «Стенограммы: Лекций, Докладов и Совещаний академика Вавилова Н.И. и доктора Харланда. Часть 1-я. 1933г.». В октябре 1933 г. Н.И. Вавилов пригласил С.К. Харланда – английского генетика, селекционера, директора Имперской Британской опытной станции по хлопководству на о. Тринидад – для консультаций и чтения лекций специалистам-хлопководцам в Средней Азии. «Среди современных хлопководов д-р Харланд является наиболее образованным, оригинальным работником, широко знающим мировое хлопководство», – писал Вавилов. Его станцию на о. Тринидад Николай Иванович посетил в 1933 г. и «был очарован этим учреждением». Стенограммы содержат 93 страниц

машинописного текста, план пребывания Вавилова и Харланда на Среднеазиатской станции с 3 по 10 октября. На Селекционной станции НИХИ Харланд рассказал о «Методике селекционных работ» и «О скрещивании отдельных видов». В Доме инженерно-технических работников Харланд рассказал «О состоянии мирового хлопководства и его перспективах в Средней Азии», привел «Общие итоги поездки». Н.И. Вавилов познакомил с достижением в хлопководстве в последние годы и об итогах поездки по хлопковым районам. Не только Вавилов высоко оценил работу Харланда, в своем письме ученому он писал: «Визит явился историческим событием в исследовании хлопчатника. На заседании Правительства президент Туркменистана упомянул Ваше имя, Ваше мнение в отношении работы, осуществленной нашими колхозами».



**Рисунок. Д. Аци, Н.И. Вавилов, Д. Костов (?) и др. на Полярной станции, 1935 г.
(Мемориальный кабинет-музей Н.И. Вавилова, ИОГЕН РАН).**

ОНИ БЫЛИ ПЕРВЫМИ: О ТЕХ, КТО СТОЯЛ У ИСТОКОВ ПОЛЯРНОЙ ОПЫТНОЙ СТАНЦИИ ВИР

С.А. Дюжилов

историк-краевед, Апатиты, Россия

THEY WERE THE FIRST (ABOUT THOSE WHO STOOD AT THE ORIGINS OF THE POLAR EXPERIMENT STATION OF VIR)

S.A. Dyuzhilov

Local historian, Apatity, Russia

Полярная опытная станция ВИР начала работать в 1923 г, но поистине пионерскую роль в постановке проблемы полярного земледелия еще до появления станции сыграли Кольские почвенно-ботанические отряды Севэкспедиции (местом их базирования стали Хибины) под общим руководством проф. Н.И. Прохорова. В самом начале 1920-х гг. он небезуспешно применил на Мурмане обретенный им еще до революции бесценный опыт по сельскохозяйственному освоению новых территорий Нечерноземной полосы России.

Благодаря инициативе и организаторской деятельности этого ученого 10 октября 1921 г. около станции Хибины, на берегу оз. Имандры, было заложено первое на Кольском полуострове научно-показательное опытное поле. Его строительство и первые опытные работы в 1921 – начале 1923 г. осуществлялись в тесной связи с деятельностью ряда центральных научных учреждений (прежде всего Севэкспедиции и Государственного института опытной агрономии), Мурманской железной дороги и местных органов власти при активном участии единомышленников и учеников проф. Н.И. Прохорова. Обратимся к их именам.

Вопросы организационного характера в связи с устройством опытно-огородного хозяйства в Хибинах, сношения с разного рода учреждениями и доклады о ходе работ всего почвенно-ботанического отряда лежали на научном сотруднике К.В. Доброхотове. С конца 1920 г. он всецело отдает себя будущему Кольского Заполярья, предложив проект поднятия хозяйства края из руин гражданской войны и военной интервенции («Природные богатства Мурманской губернии и ее экономические задачи», 1922). В его планах, в частности в качестве перспективных точек роста, были обозначены: «канадизация» «мурманки», развитие огородничества, создание колонизационного продовольственного фонда, постройка опытной агростанции. Ради завершения строительства последний глашатай мурманского завтра, больной воспалением легких, отправляется на Кольский полуостров, где 26 сентября 1922 г. обрывается его молодая жизнь.

Программные идеи Константина Владимировича не остались на бумаге. Сотрудницей Почвенного отдела Комиссии производительных сил России З.Ю. Шокальской были произведены детальные почвенно-ботанические съемки и наблюдения на станции Хибины как месте, центральном для Кольского полуострова, где начиная с 1892 г. велись метеорологические наблюдения Николаевской главной физической обсерваторией. В лице Г.М. Крепса (начальника северного участка агрономической службы МЖД, впоследствии создателя Лапландского заповедника) и М.М. Хренниковой (знаменитой «агрономше», почти четверть века отдавшей полярному земледелию) – учеников проф. Н.И. Прохорова – «мурманский край и рабочий впервые столкнулся с агрономической помощью». Не стоит забывать и о том, что именно усилиями этих «рядовых науки» в 1922 г. на Хибинском опытном поле не только были произведены первые посевы (на площади около 200 кв. м.) такими культурами, как картофель, горох, ячмень, овес и разные овощи, но и получен их первый урожай, правда, в самом незначительном количестве.

На наш взгляд, это событие в те трудные годы не стоит недооценивать, ведь за ним кроется титанический труд тех людей, кого позднее И.Г. Эйхфельд назовет устойчивым фундаментом нового небольшого научного учреждения. Именно персоналом строящейся Хибинской агростанции (архивные материалы сохранили имена 12 человек – рабочих и служащих) под началом переселенца из Архангельской губернии А.А. Гостева в 1921–1922 гг. был отвоеван у тундры первый опытный участок (около гектара земли) и возведены с некоторыми недоделками первые строения (барак для служащих, кладовая на столбах, скотный двор, парники). Так было положено начало институционализации сельскохозяйственной науки на Кольском Севере.



Рисунок. Академики Н.И. Вавилов, Г.К. Мейстер и Д.Н. Прянишников перед заседаниями сессии ВАСХНИЛ (1930-е годы, фото А. Морозова).

(<https://7i.7iskusstv.com/y2020/nomer6/sojfer/>)

ПРОДВИЖЕНИЕ РАСТЕНИЕВОДСТВА НА КРАЙНИЙ СЕВЕР: К 135 ЛЕТИЮ НИКОЛАЯ ИВАНОВИЧА ВАВИЛОВА

И.В. Михайлова

Федеральный исследовательский центр Всероссийский институт генетических ресурсов растений имени Н.И. Вавилова, Полярная опытная станция – филиал ВИР, Апатиты, Россия, irinamixailova69@mail.ru

EXTENSION OF PLANT PRODUCTION TO THE EXTREME NORTH: DEDICATED TO THE 135TH BIRTHDAY OF NIKOLAY IVANOVITCH VAVILOV

I.V. Mikhailova

N.I. Vavilov All-Russian Institute of Plant Genetic Resources, Polar Experiment Station of VIR, Apatity, Russia, irinamixailova69@mail.ru

Системное, построенное на научной основе растениеводческое освоение Крайнего Севера началось с 1923 г. под руководством академика Н.И. Вавилова. На средства Транспортно-промышленно-колониционного отдела Мурманской железной дороги был создан опорный пункт Института прикладной ботаники и новых культур (ныне ВИР). Возглавил Хибинский пункт И.Г. Эйхфельд, впоследствии академик ВАСХНИЛ.

В 1923–1925 гг. в штате опытного пункта состояло всего два постоянных научных сотрудника – тогда еще агроном, заведующий Хибинского сельскохозяйственного опытного пункта Иоган Гансович Эйхфельд и Мария Митрофановна Хренникова, впоследствии Герой Социалистического Труда (1963).

Курировал и руководил исследовательскими работами по картофелю профессор Виктор Евграфович Писарев. В 1923 г. сотрудниками маленького научного коллектива было испытано 32 образца картофеля; в 1924 г. – 42 сорта; 1927 г. – 88 сортов; 1932 г. – 500 образцов картофеля.

Мурманская область не имеет ни одного метра плодородной земли, здесь преобладают леса, болота и горы. Для разработки земельных участков под сельскохозяйственные культуры раскорчевывали лес, убирали валуны и камни, проводили мелиорацию участков.

Для подбора и выведения сортов для условий Крайнего Севера были использованы коллекции растений Всесоюзного института прикладной ботаники и новых культур.

Опорный пункт в 1923 г. имел в своем распоряжении всего один небольшой дом для проведения научной работы, но уже в 30-х гг. прошлого века на станции были выстроены корпуса для работы с овощными культурами, лабораторные корпуса.

В 1930 г. Хибинский пункт был преобразован в Полярную опытную станцию Всесоюзного института растениеводства (ВИР). В результате, значительно увеличилось возможности развития селекционно-семеноводческих и агротехнических исследований.

Иоганн Гансович Эйхфельд руководил станцией с первых дней до 1939 г.

За первые годы были проведены работы по подбору культур, произрастающих на Крайнем Севере, изучению и созданию сортов зерновых, кормовых, ягодных культур, картофеля. Были разработаны агротехники выращивания основных сельскохозяйственных в условиях Заполярья.

Сотрудники и соратники Н.И. Вавилова в 1930-х гг.: Пальчикова Елизавета Дмитриевна – заведующая отделом зерновых культур, Турнас Петр Анатольевич – заведующий агротехническим сектором, Шураков Федор Васильевич – заведующий отделом ягодных культур, Знаменская Мария Константиновна – заведующая отделом защиты растений, Веселовский Иоиль Александрович – научный сотрудник по картофелю, Душечкин В.И. – заведующий группой кормовых культур, Гусев Павел Петрович – заведующий отделом овощных культур.

К концу 1930-х гг. было изучено более четырех тысяч образцов семян из мировой коллекции ВИР, отобрано около 25 сортов разных культур для возделывания в Заполярье, созданы новые сорта зерновых кормовых культур, картофеля, сделан отбор овощных культур.

В 1936 г. Н.И. Вавилов посещал Полярную опытную станцию в последний раз, на станции сохранилась фотография его визита. Среди присутствовавших гостей – последующий директор станции Маньков Филат Иванович: с 1939 г. – заместитель директора, 1940–1957 гг. – директор станции.



Н.И. Вавилов с гостями у сотрудников Полярной опытной станции ВИР, июль 1936 г.
(Архив Полярной опытной станции – филиала ВИР).

В годы Великой Отечественной война работа станции не прекращалась. Все виды работ были направлены на разработку агротехнологий для получения высоких урожаев. В частности, сотрудники изучали влияние досрочного сгона снега на плодородие почвы, усиление биологических процессов в торфяных почвах путем внесения бактериальных удобрений, применение извести и нефелина на торфяных почвах, влияние культуры многолетних трав на засоренности почвы, испытание видов и доз органических удобрений. Кроме того, продолжалась работа по семеноводству овощных, зерновых, многолетних злаковых трав, картофеля; проводилась работа с совхозами и колхозами по повышению урожайности сельскохозяйственных культур.

Огромной заслугой директора Манькова Филата Ивановича стало то, что, несмотря на значительное сокращение сотрудников и работников станции, при ограниченных материальных средствах и непосредственной близости к линии фронта (станция подвергалась неоднократным налетам вражеской авиации), он сумел даже в годы войны организовать научно-исследовательскую работу в полном объеме. В эти годы станция усилила практическую работу с совхозами по расширению посевных площадей и получению высоких урожаев. За время войны на станции обучено более 300 полеводов, бригадиров, директоров колхозов и апробаторов.

В 1939–1940 гг. (2-е изд.) сотрудниками станции были изданы «Агротехнические указания для Мурманской области», а позже – значительно дополненные «Агротехнические указания для Мурманской области на 1942 г.» (1942).

Параллельно с большой организационной и научно-исследовательской работой Маньков Ф.И. с самого начала войны был заместителем, а с 1944 г. – командиром истребительного взвода, который выполнял боевые задания по охране железнодорожной станции и других объектов.

С 1939 по 1948 г. в Государственное сортоиспытание станцией было передано 7 сортов картофеля, 2 сорта малины, 2 сорта свеклы, 2 сорта репы, 3 сорта зерновых культур, 3 сорта многолетних трав. Из этих культур 6 сортов уже за годы войны были районированы.

Слова, некогда сказанные Н.И. Вавиловым: «Мне очень по душе нарушение основного закона Ньютона – закона инерции покоя, превращения его в инерцию движения», как нельзя лучше подходят к определению коллектива Полярной опытной станции ВИР. Николаю Ивановичу в свое время удалось создать и сплотить крепкий коллектив станции, воодушевить сотрудников на изучение сельскохозяйственных культур и разработку новых методов выращивания на Крайнем Севере. И неслучайно коллектив станции смог выстоять в годы войны, сохранить коллекции и станцию, преумножить работы, начатые с Н.И. Вавиловым. Темп работы, заданный основателями Полярной станции ВИР, поддерживается и сегодня.

ИЗ ИСТОРИИ КУБАНСКОЙ ОПЫТНОЙ СТАНЦИИ ВИР: 1924–1940 гг.

Ю.А. Елацков

Федеральный исследовательский центр Всероссийский институт генетических ресурсов растений им. Н.И. Вавилова, Кубанская опытная станция – филиал ВИР, Краснодар, Россия, kos-vir@yandex.ru.

FROM THE HISTORY OF THE KUBAN EXPERIMENT STATION OF VIR: 1924–1940

Yu.A. Elatskov

N.I. Vavilov All-Russian Institute of Plant Genetic Resources, Kuban Experiment Station of VIR, Krasnodar, Russia, kos-vir@yandex.ru.

Кубанская опытная станция – филиал ВИР основана Николаем Ивановичем Вавиловым в 1924 г. как основная база Бюро по прикладной ботанике и новым культурам (далее ВИР), на которой идеи Вавилова по стратегии изучения и использования растительных ресурсов получают и сегодня дальнейшее развитие в селекции, в обеспечении продовольственной безопасности страны.

В рамках подготовки к празднованию в 1924 г. 100-летия со дня организации Кубанской опытной станции – филиала ВИР была проанализирована деятельность станции в период с 1924 по 1940 г. Данный период связан с организацией и становлением станции как научного учреждения.

Первые сведения об организации работ на Кубани Вавиловым относятся к 1923 г., 2 июля 1923 г. Н.И. Вавилов в письме П.М. Жуковскому пишет: «С нынешнего года открыто отделение на Кубани, где Фляксбергер и Орлов производят посевы пшеницы» (Научное наследство, 1980, т. 5, с. 123)

В письме к А.А. Орлову от 9 апреля 1925 г. Вавилов писал: «На Кубанском отделении должны быть сосредоточены работы по хлебу, по бахчевым растениям, а может быть, и по другим растениям. Мы заинтересованы в создании питомника по плодоводству. Из-за границы стал приходить большой материал живых растений. Сегодня на пароходе пришла первая партия из Гамбурга. Уже есть сведения о том, что идут живые растения из Америки, и было бы, конечно, интересно южный материал направить на Кубань. Вероятно, с будущего года понадобится развить работу на Кубани и по огородничеству. Все это учитывайте. Во всяком случае, интерес к кубанской точке у нас исключительный» (Научное наследство, 1980, Т. 5, с. 193). Вавилов принимал личное участие в вопросах подбора штата, предоставления и расходования средств, оборудования, «чтобы оно было достойным учреждением» (Научное наследство, 1980, т. 5, с. 210, 211).

Встала многофункциональная задача организации Северо-Кавказского отделения (ныне Кубанская опытная станция – филиал ВИР) по сохранению, изучению и размножению коллекций, использованию их в селекционной практике и в производстве. В письме от 5 ноября 1925 г. к Д.Н. Бородину Вавилов сообщал: «Одно из самых больших дел нынешнего года – открытие большого Северо-Кавказского отделения на станции Отрада Кубанская. Местные органы пошли всецело навстречу, выделив прекрасный участок около станции в 360 десятин с оборудованием, постройками. Уже работают три трактора. Это будет главная множительная станция по полевым культурам» (Николай Иванович Вавилов: Научное наследие в письмах: Международная переписка, 1994, т. 1, с. 144).

Кубанская опытная станция – филиал ВИР гордится людьми, работающими на станции в разные годы. Это все преданные своему делу люди, которые из поколения в поколение, проживая в родном регионе и развивая науку, содействовали и содействуют становлению и развитию станции.

В 1924–1940 гг. на станции работала целая плеяда замечательных ученых и специалистов, соратников академика Вавилова, оперативно разрабатывавших методику изучения мировых коллекций, определявших биологические и хозяйственные особенности важнейших видов культурных растений, публиковавших научные работы. В 1926 г. персонал состоял из трех штатных лаборантов, 16 командированных сотрудников и 21 практиканта. К концу 1920-х гг. получила развитие научно-техническая база станции.

Среди учеников и последователей Н.И. Вавилова особое место занимает Александр Алексеевич Орлов (1888–1937), ученый в области изучения мировых коллекций пшеницы и ячменя, коллектор генетических ресурсов растений, организатор научного производства, первый директор Кубанской опытной станции ВИР.

На станции работали и внесли неоценимый вклад в систематику, частную генетику, селекцию сельскохозяйственных культур: Е.Н. Синская, П.А. Лубенец, Е.Ф. Пальмова, Е.И. Николаенко, М.И. Хаджинов, И.В. Кожухов, А.И. Купцов, П.Н. Богушевский, А.В. Гурский, Е.В. Эллади, Г.И. Батух, В.Б. Енкен, Л.П. Бордаков, Е.Е. Поволоцкая, Г.М. Попова и многие другие.

Сотрудники Кубанской опытной станции – филиала ВИР выявили и классифицировали фотографии, относящиеся к периоду 1924–1940 гг.



Рисунок. Н.И. Вавилов среди сотрудников на Кубанской опытной станции, 1936 г.
(Архив Кубанской опытной станции – филиала ВИР).

СУДЬБА ПЕРВЫХ ДИРЕКТОРОВ ДАЛЬНЕВОСТОЧНОЙ ОПЫТНОЙ СТАНЦИИ В.М. САВИЧ И И.Н. САВИЧ

М.П. Разгонова, Н.Д. Чуприна

Федеральный исследовательский центр Всероссийский институт генетических ресурсов растений имени Н.И. Вавилова, Дальневосточная опытная станция – филиал ВИР, Владивосток, Россия, m.razgonova@vir.nw.ru

THE DESTINY OF THE FIRST DIRECTORS OF THE FAR EAST EXPERIMENT STATION V.M. SAVICH AND I.N. SAVICH

M.P. Razgonova, N.D. Chuprina

N.I. Vavilov All-Russian Institute of Plant Genetic Resources, Far East Experiment Station of VIR, Vladivostok, Russia, m.razgonova@vir.nw.ru

В истории Дальневосточной опытной станции ВИР есть непростые страницы, связанные с судьбой супругов Владимира и Ирины Савич, во многом заложивших основы развития станции.

Изучением их жизни и научного наследия, как и судьбами многих репрессированных ученых Дальневосточного отделения РАН, занимается кандидат исторических наук Елена Васильева (ДВФУ). Ее публикации и исследования других ученых, отражающие историю Дальнего Востока России периода 1920 – начала 1941 г., во многом послужили основой для построения данного сообщения (Савич, 1989; Васильева, 1999; Российская Академия..., 2002; Савинова, 2017; История Дальнего..., 2018).



Рисунок. [Фрагмент фотографии]. Профессор Соболев С.Л. (в центре), Савич И.Н. (справа от него) и другие сотрудники Дальневосточной станции ВИР, 1929 г.

(фотография опубликована в статье Е. Савич о своей матери «И.Н. Савич-Строганова», Наука и жизнь, 1989, № 7. — Прим. ред.).

Краткая справка по Савичу Владимиру Михайловичу (1885–1965): родился в 1885 г. в Уральске, окончил Петербургский лесной институт (1909), стажировался в США, Европе, Алжире. Работал в Тифлисском ботаническом саду (1913), профессор ботаники Северо-Кавказского политехнического института (Краснодар, 1918), сотрудник Ботанического сада Петрограда (1922–1923).

Летом 1923 г. Владимир Михайлович Савич дает согласие ректору Читинского университета Бродскому принять кафедру ботаники, а осенью того же года он вместе с частью факультетов, слившихся с Дальневосточным госуниверситетом, переезжает во Владивосток. Ирина Николаевна Савич-Строганова (1890, Одесса – 1938, Владивосток), его жена, вместе с детьми прибыла туда в конце апреля 1924 г.

В 1926 г. И.Н. Савич обратилась к изучению соевых бобов в лаборатории профессора университета Любарского, опытейшего химика-органика. В 1928 г. вышла ее первая самостоятельная научная публикация в номере «Вестник Маньчжурии» – статья «Опыты культуры соевых бобов в Приморье». Статья еще готовилась к печати, а Ирина Николаевна уже обдумывала идею применения к сое закона гомологических рядов Вавилова. Результаты оказались настолько впечатляющими, что уже в 1928 г. она делает научный доклад Дальневосточному краевому научно-исследовательскому институту. И, не удовлетворившись одобрением коллег, она решает на письмо самому Вавилову. Не дожидаясь ответа, Ирина Николаевна перерабатывает доклад в статью, которая принимает довольно большой объем – 2 печатных листа – и публикует ее под названием «Соевые бобы в Приморье». Тогда же работа выходит отдельным оттиском (Савич, 1929).

Материалом для издания труда послужила коллекция сортов сои, привезенная в 1926 г. из Маньчжурии В.М. Савичем специально для Ботанического сада во Владивостоке. После трех лет изучения Ирина Николаевна выдвинула новую систему классификации сои, основанную на генетических признаках, установленных для соевых бобов Б.В. Скворцовым, и на законе о гомологических рядах Н.И. Вавилова.

Ответ Вавилова пришел ровно через полгода, так как Николай Иванович готовился к поездке в Маньчжурию и Японию и собирался на обратном пути посетить обязательно Дальний Восток. Руководимый им Всесоюзный институт прикладной ботаники и новых культур (ВИПБиНК) стремительно разрастался, повсеместно образуя свои отделения. Вот о таком отделении на Дальнем Востоке и подумывал Николай Иванович. В его ответе от 11 июня 1929 г. Ирине Николаевне звучали следующие слова: «Многоуважаемая Ирина Николаевна! Я давно получил вашу интересную работу о гомологических рядах у соевых бобовых <...> Результаты Вашей систематики несколько расходятся с работой Гали Павловны Тупиковой, но это ничего – одно дополняет другое: Вы подошли с разных сторон» (Научное наследство..., 1987, т. 10, с. 56).

Встреча Н.И. Вавилова с Савичами во Владивостоке состоялась в 1929 г. Эта встреча имела большое значение для обоих Савичей. Беседа с Николаем Ивановичем завершилась предложением подготовить книгу Ирине Николаевне с обобщением всех результатов ее исследований и готовностью оказать любую, прежде всего научную поддержку. Работу она готовила, будучи уже сотрудником Дальневосточного отделения ВИР. Во главе отделения, уступая настойчивым просьбам Вавилова, стал профессор С.Л. Соболев.

С 1930 г. тон в науке стали задавать марксисты, объединившиеся в общество воинствующих материалистов. Их взгляды Ирина Николаевна не разделяла. В это время в ДВКНИИ, где работал в то время Савич В.М., марксисты развернули дискуссию по вопросу применения марксизма в агробиологической науке. Завершение книги совпало с первыми крупными арестами в среде ученых Дальнего Востока, с серьезными проблемами, которые преодолевал Владимир Михайлович, занимаясь подготовкой к образованию во Владивостоке Дальневосточного филиала Академии наук СССР.

Ирина Николаевна прекрасно справлялась со всеми поручениями, и С.Л. Соболев нередко ее хвалил. Напряженность работы определялась теми целями, которые Вавилов

поставил перед отделением: «Основной задачей, как Вы знаете, мы считаем для Дальневосточного отделения исследование культурных растений края, его возможности, изучение диких полезных растений и затем создание базы для дальнейшего похода на Восточную Азию» (Научное наследство..., 1987, т. 10, с. 136).

Новая книга «Сорта сои: Определитель сортов сои» (Савич, 1931) с небольшим объемом в 64 страницы вышла большим тиражом – 10 000 экземпляров. Савич И.Н. вошла в ранг ученых союзного уровня.

В начале 1932 г. уехал за пределы Дальнего Востока профессор Соболев, и очень быстро по настойчивой просьбе Вавилова место директора станции занял В.М. Савич. 29 июля 1933 г. он был арестован в своем кабинете на станции по обвинению в принадлежности к контрреволюционной организации и отправлен в Хабаровск для следствия. Был осужден на 10 лет по так называемому «Арсеньевскому делу». Арест мужа резко изменил всю жизнь Ирины Николаевны и ее пятерых детей.

Ирину Николаевну временно назначили исполнять обязанности директора Дальневосточной опытной станции. Да и другого выхода у руководства не было: на станции осталось всего два научных сотрудника – она и специалист по новым культурам И.Ф. Кривоносов. Продолжалась переписка с Н.И. Вавиловым. Ее собственная программа была связана уже с зерновыми, а не с техническими культурами, и в первую очередь – с пшеницей. На это тогда ориентировал ВИР Вавилов – после голода начала 1930-х гг. Работа эта выводила ее на высокий уровень теории. Она первая высказала предположение о том, что распространенный в Приморье сорт пшеницы «Штрубе» является не завозным немецким сортом, а популяцией именно местных (староместных) сортов.

При всех трудностях уже к 1936 г. Ирина Николаевна достигла неплохих результатов в выборе наиболее перспективных сортов пшеницы, сои, периллы и других зерновых для Дальнего Востока в целом и для Приморья в частности. В 1936 г. Ирина Николаевна была уже кандидатом сельскохозяйственных наук.

27 апреля 1937 г. сотрудник станции Гилев выслал в Приморское областное управление НКВД пространное донесение (донос), что «на станции научный сотрудник Савич, сама являясь женой врага народа, ведет работу, направленную на срыв важнейших политических кампаний в сельскохозяйственном производстве, а также по общей исследовательской работе не заслуживает надлежащего политического доверия». После перечисления преступлений Ирины Николаевны, среди которых и защита Владимира Михайловича, и то, что при высева произошло смешение двух разных сортов семян, Гилев требует: «Исходя из этого, мы просим органы НКВД немедленно принять срочные меры для изоляции ее от общественной и свободной работы». Ее арестовали 4 июля 1937 г.

В ВИР об аресте Ирины Николаевны Савич узнали довольно быстро: каким-то образом в институт попало само донесение Гилева. После ее ареста Гилев стал директором станции и оставался им до 1941 г. Далее его следы в истории теряются...

2 сентября 1938 г. дело И.Н. Савич было направлено на рассмотрение тройки УНКВД по ДВК, которая заслушала его 11 октября и признала Ирину Николаевну виновной, приговор – расстрел. Приговор был приведен в исполнение 4 ноября 1938 г. 28 сентября 1955 г. Военный трибунал ДВО отменил постановление тройки, и Ирина Николаевна была реабилитирована посмертно.

Дальнейшая жизнь Савича Владимира Михайловича (1885–1965) сложилась следующим образом: стоял у истоков открытия современной Дальневосточного отделения РАН СССР и с 1931 по 1933 г. был его директором. В 1933 г. репрессирован, позже разрешено работать по специальности. Работал в Казахском институте земледелия (1942), заместителем директора Среднеазиатского НИИ лесного хозяйства (с 1943 г.), заведующим кафедрой Ташкентского сельскохозяйственного института (с 1947 г.). Дата реабилитации: 26 ноября 1956 г. В 1961 г. по совокупности опубликованных работ профессору В.М. Савичу была присуждена ученая степень доктора сельскохозяйственных наук.

ВИРОВЕЦ НИКОЛАЙ ЛЕОНТЬЕВСКИЙ: СТРАНИЦЫ ЖИЗНИ (1887–1942)

Л.В. Владимирова

Вельская центральная библиотека имени А.Ф. Орлова, Вельск, Россия,
vbs.metod@yandex.ru

NIKOLAY LEONTIEVSKY, VIR'S EMPLOYEE: PAGES OF HIS LIFE (1887–1942)

L.V. Vladimirova

Velsk Central Library named after A.F. Orlov, Velsk, Russia, vbs.metod@yandex.ru

В здании Федерального исследовательского центра Всероссийского института генетических ресурсов растений имени Н.И. Вавилова (ВИР) размещен стенд и мемориальная доска, на которой золотыми буквами выбито: «Ученым института, героически сохранившим мировую коллекцию семян в годы блокады Ленинграда». На фотографиях стенда – сотрудники института, которые ценой своей жизни спасали для грядущих поколений Вавиловскую коллекцию. Среди них вельчанин – агрометеоролог Николай Петрович Леонтьевский.

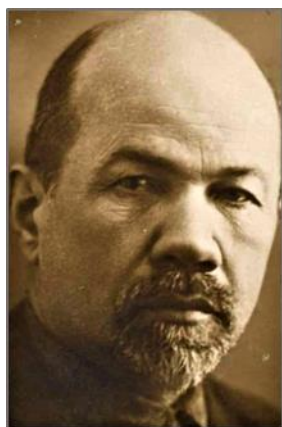


Рис. Н.П. Леонтьевский

Родился Николай 19 августа 1887 г. в уездном городе Вельске Вологодской губернии, был младшим из трех сыновей в семье первого земского врача города Петра Михайловича Леонтьевского. С 1897 г. обучался в Вологодской гимназии, которую окончил в 1906 г. с золотой медалью. В том же году вслед за старшими братьями уехал в Петербург, где поступил в университет на физико-математический факультет в разряд естественных наук. На третий год обучения избрал своей специальностью агрономию.

Весь университетский курс, рассчитанный на четыре года, прослушал за три. Последний год обучения, будучи свободным от теоретических занятий, он посвятил исследовательской работе в агрономической лаборатории профессора С. Кравкова, где производил ряд анализов туркестанских почв, а также изучал семенной материал из коллекции университета. Был председателем студенческого агрономического кружка при университете. После успешного окончания физико-математического факультета (удостоен диплома I степени) в 1910 г. был оставлен для подготовки к профессорской деятельности, руководил занятиями студентов курсов по общей и сельскохозяйственной метеорологии, совмещая эту работу с научной деятельностью. За время аспирантуры Николай Леонтьевский в «Ежегоднике» Высших сельскохозяйственных курсов в Петербурге опубликовал «Обзор метеорологических данных станции в Быстрецове Псковского уезда за летние месяцы 1909 года». В 1910–1912 гг. работал в лаборатории агрономического кабинета университета над вопросом о химическом составе и физических свойствах семян культурных растений /ржи и овса/, собранных лично в крестьянских хозяйствах Вельского уезда (напечатано в «Материалах по изучению русских почв» под ред. проф. Замятинского и Кравкова).

С 1912 г. Леонтьевский – хранитель агрономического кабинета Петербургского университета. В этом году в Санкт-Петербурге в типографии Стасюлевича выходит его брошюра «Материалы по вопросу о влажности почвы». Работа получила положительный отзыв научной критики. В это же время он приступает к работе «О выщелачивании питательных веществ из семян растений». В 1913 г. на XIII съезде естествоиспытателей врачей в Тифлисе прочитал доклад на эту тему. Позже работа была опубликована в «Материалах по изучению русских почв». С 1913 г. состоял сотрудником «Журнала

опытной агрономии»: реферировал статьи как русских, так и иностранных авторов, немецких и французских.

В 1914–1915 гг. побывал в командировках в Германии, Швейцарии, Франции и Италии. Для ознакомления с работой опытных станций в России посетил Москву, Киев, Полтаву, Харьков, Ростов, Саратов и другие города. С 1915 г. – ассистент агрономического кабинета университета.

В 1919 г. Николай Петрович командирован в родной Вельский уезд для продолжения работ по исследованию местных хлебов. Агроном по образованию, грамотный, отличный организатор, Н. Леонтьевский быстро завоевал популярность и уважение среди населения. Служил в земельном отделе уездного исполкома и заведующим агрономическим отделом при Союзе кооператоров. Его работа была сопряжена с реализацией в жизнь Декрета о земле. Особое внимание уделялось огородничеству. По его инициативе был разработан показательный промышленный огород площадью около 1 десятины (1,09 га). На этом участке выращивались картофель, капуста, цикорий, морковь, свекла, турнепс и другие культуры с применением минеральных удобрений. При этом в первый год продукты получились образцового характера и заслужили на местной выставке I премию. Кроме основной работы, Н.П. Леонтьевский состоял председателем лекторского бюро, которое организовывало лекции для населения по истории, психологии, естественным наукам. В вельской газете «Красный набат» Н. Леонтьевским напечатано большое число научно-популярных статей по вопросам агрономии. А с февраля 1920 г. в той же газете под его руководством стал издаваться «Листок земледельца». Не оставлял он и научную деятельность: при Вельском агрономическом подотделе организовал вегетационные опыты с подзолистой супесью с овсом по вопросу: в чем нуждается почва.

С февраля 1921 г. по совместительству преподавал почвоведение и общее земледелие в пролетарском Университете и Молочно-Хозяйственном институте в Вологде. С 1922 г. заведовал Отделом сельскохозяйственной метеорологии Северной области опытной станции, где им выполнена работа по снежному покрову. В июне 1923 г. за протест против увольнения трех преподавателей его административно высылают на 3 года из Вологды в Томский округ. Этот преданный науке человек не оставляет своей работы, проводит исследования в области агрометеорологии. Результаты своих изысканий печатает в журналах и брошюрах.

С 1923 по 1926 г. работал в Сибири помощником заведующего Тискинским сельскохозяйственным опытным полем. В 1926 г. им реорганизована метеорологическая сеть в Сибири применительно к запросам сельского хозяйства. С этого года он заведовал метеорологическим бюро краевого земуправления и публиковал свои исследования: «Метеорологические условия Сибирского края в 1926 г.» (1927) и «Краткие сведения о климате Сибирского края» (1929).

С 1929 г. Н. Леонтьевский перешел на научно-исследовательскую работу по сельскохозяйственной метеорологии сначала в Государственный институт опытной агрономии (ГИОА), а затем в Агро-гидрометеорологический институт и во Всесоюзный институт растениеводства (ВИР). Звание старшего научного сотрудника Леонтьевский имел с 1930 г., а в 1938 г. он был утвержден в ученой степени кандидата сельскохозяйственных наук без защиты диссертации.

Содержание научных работ Леонтьевского касается главным образом вопросов мелиорации климата и инструментальной метеорологии. Им освещена климато-защитная роль лесных полос в степи и микроклиматические условия защищенного грунта. Изучал вытеснение питательных веществ водой из зерен злаков.

В годы Великой Отечественной войны Николай Петрович остался в блокадном Ленинграде. До последних дней Н. Леонтьевский работал в ВИР. Был бойцом противопожарного звена. Научная деятельность была связана с оборонной тематикой.

Где бы он ни находился – на Севере, в Сибири – Леонтьевский всегда изучал условия выращивания культур и предлагал способы улучшения урожаев (защищая посадки от заморозков, от выщелачивания и т. п.). А во время войны он сохранял Вавиловскую коллекцию, не допуская даже мысли о том, чтобы съесть хоть одно зернышко.

3 января 1942 г., возвращаясь из института (ВИР), Николай Петрович умер от голода прямо на лестнице, не дойдя до квартиры нескольких шагов...

Так сложилась жизнь преданного науке человека.

ИВАН МИЧУРИН И НИКОЛАЙ ВАВИЛОВ: ВЗАИМНОЕ УВАЖЕНИЕ, ПОДДЕРЖКА И ПОНИМАНИЕ

Л.В. Волокитина

Федеральный научный центр имени И.В. Мичурина, Мичуринск, Россия, Мичуринск,
ph.mgau@yandex.ru

IVAN MICHURIN AND NIKOLAY VAVILOV: MUTUAL RESPECT, SUPPORT AND UNDERSTANDING

L.V. Volokitina

I.V. Michurin Federal Scientific Center, Michurinsk, Russia, ph.mgau@yandex.ru

Николай Вавилов сыграл большую роль в популяризации научной деятельности Ивана Мичурина. Он помог ученому издать свой первый научный труд и написал предисловие к этой работе. Николай Иванович неоднократно привозил Ивану Владимировичу из зарубежных поездок образцы растений и плодов для исследований. Н.И. Вавилов официально посещал И.В. Мичурина в Козлове 5 раз. Первая личная встреча состоялась в 1920 г.

Nikolay Vavilov played a big role in popularizing the scientific work of Ivan Michurin. He helped the scientist to publish his first scientific work and wrote a preface to this work. Nikolay Vavilov repeatedly brought samples of plants and fruits for research to Ivan Michurin from his foreign trips. N.I. Vavilov officially visited I.V. Michurin in Kozlov 5 times. Their first personal meeting took place in 1920.

Вклад русского ученого-естествоиспытателя И.В. Мичурина в генетику и селекцию плодовых растений известен во всем мире. А было время, когда о деятельности И.В. Мичурина знали только наиболее прогрессивные ученые. Одним из таких ученых был Николай Иванович Вавилов.

Впервые Н.И. Вавилов посетил И.В. Мичурина в сентябре 1920 г. После этой встречи Н.И. Вавилов начал помогать Мичурину в популяризации его научных работ. В начале 1922 г. в Москве прошло Всероссийское совещание по опытному делу при Наркомземе РСФСР, на котором Николаем Вавиловым был поднят вопрос о необходимости широкого опубликования и демонстрации работ Мичурина. Уже в 1923 г. в столице была организована I Всесоюзная сельскохозяйственная выставка, где Иван Мичурин представил свои достижения. Экспертная комиссия присудила ученому высшую награду. При непосредственном участии Н.И. Вавилова выходит первый сборник трудов Мичурина «Итоги 47-летней деятельности по гибридизации в области плодоводства». В предисловии к сборнику Николай Иванович написал: «Настоящий сборник, составленный при участии отдела прикладной ботаники и селекции государственного института опытной агрономии и опытного отдела НКЗ в лице И.М. Куприянова, является первой скромной попыткой подытожить деятельность замечательного русского селекционера-оригинатора, за которой, может быть, придут возможности и более подробного опубликования трудов И.В. Мичурина». Книга была издана тиражом в 3 тысячи экземпляров. Один сборник хранится в доме-музее И.В. Мичурина. Но на этом дружеские отношения двух выдающимися людей не закончились. В июне 1932 г. Николай Вавилов вновь посещает Ивана Мичурина. Он приехал к ученому со своим сыном Юрием и вице-президентом ВАСХНИЛ А.С. Бондаренко. Делегация осмотрела «зеленую лабораторию» И.В. Мичурина, где была собрана уникальная коллекция плодовых и декоративных растений. 20 сентября 1934 г., когда И.В. Мичурин был уже сильно болен, Н.И. Вавилов организовал в Мичуринске в честь великого русского селекционера большой праздник, посвященный 60-летию его

научной деятельности. Выступая, он подчеркнул: «Работа Мичурина известна не только всему Советскому Союзу, ее хорошо знают плодороды Америки, Европы и Азии».

Н.И. Вавилову принадлежала инициатива в представлении кандидатуры И.В. Мичурина в действительные члены Академии наук СССР. 1 июня 1935 г. он был избран почетным академиком, а 7 июня Иван Владимирович скончался. На другой день Н.И. Вавилов в газете «Правда» выступил со статьей «Подвиг», в которой с исключительной проникновенностью подытожил жизненный путь И.В. Мичурина. Статья заканчивалась следующими словами: «Мичурин ушел. Но его дело подхвачено и не умрет. Подвиг его бессмертен». Такими же словами можно охарактеризовать жизнь и деятельность самого Н.И. Вавилова. Эти два человека, которых связала дружба и любовь к общему делу, оставили великий след в развитии науки всего мира.

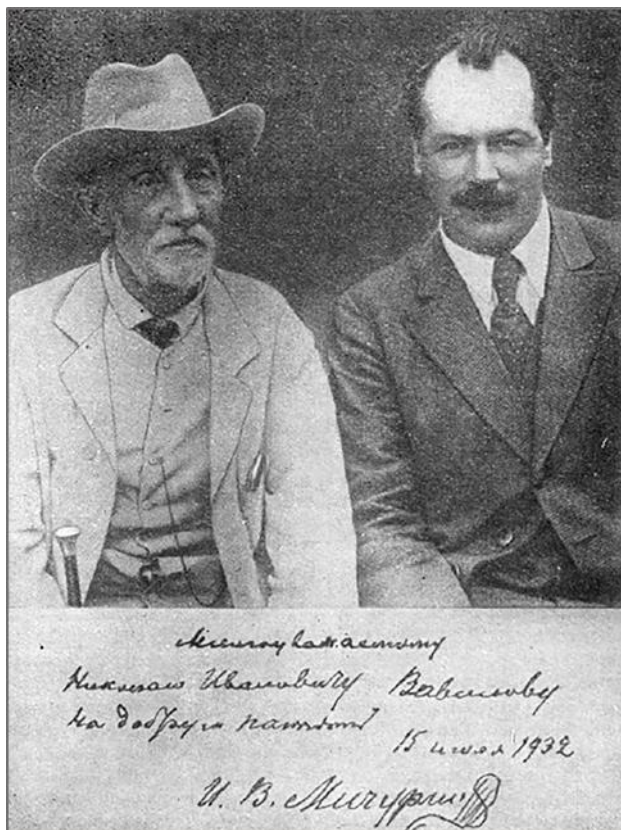


Рисунок. И.В. Мичурин и Н.И. Вавилов, 1932.

(https://vk.com/michurin.museum?z=photo-185991918_457240296%2Fwall-195571962_192)

АЛЕКСАНДР МАЛЬЦЕВ: ВЕРНЫЙ СОРАТНИК ВАВИЛОВА – НА ЮГЕ РОССИИ

Ю.М. Тюльпина, А.Г. Лагошин

Образовательный центр № 8 Майкопского района, п. Цветочный, Республика Адыгея,
Россия, tsvetochny13@mail.ru

VAVILOV'S FAITHFUL ASSOCIATE IN THE SOUTH OF RUSSIA

Yu.M. Tyulpina, A.G. Lagoshin

Educational Center No. 8 of Maikop District, Tsvetochny, Republic of Adygea, Russia,
tsvetochny13@mail.ru

Республика Адыгея расположена в южной части Российской Федерации. В начале 1930-х годов по инициативе великого советского ученого Николая Ивановича Вавилова здесь была основана Майкопская опытная станция Всесоюзного института растениеводства (МОСВИР). На станции работал соратник Н.И. Вавилова Александр Иванович Мальцев, непростая жизнь которого закончилась в Республике Адыгея. В докладе раскрыты основные периоды жизни и деятельности выдающегося ботаника-герболога А.И. Мальцева, а также рассказано о работе, направленной на патриотическое и трудовое воспитание учеников образовательного центра, расположенного недалеко от МОС ВИР.

The Republic of Adygea is located in the southern part of the Russian Federation. In this place, on the initiative of the great Soviet scientist Nikolai Ivanovich Vavilov, Maikop Experiment Station of the All-Union Institute of Plant Industry (VIR) was founded. A.I. Maltsev worked at the station at that time. His difficult life ended in the Republic of Adygea. In this article we described the main periods of the life and activities of the outstanding botanist and herbologist A.I. Maltsev. We also mentioned the work on patriotic and labor education of students in the educational center.

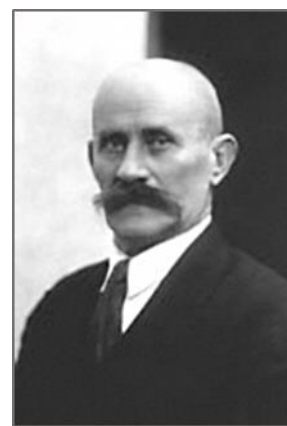


Рис. 1. А.И. Мальцев

На территории п. Подгорный Республики Адыгея расположена Майкопская опытная станция – филиал ВИР. Станция в былое время обеспечивала рабочими местами значительную часть населения поселка. Сегодня в образовательном центре № 8 особое внимание уделяется изучению истории ВИР и опытной станции как его части. Ученики участвуют в проекте ВИР «Школьный Вавиловский огород». Кроме того, проводятся мероприятия по уходу за могилой соратника Вавилова – А.И. Мальцева, известного ученого-герболога, работавшего на Майкопской станции ВИР и похороненного в окрестностях.

Рассматривая научную деятельность А.И. Мальцева, следует отметить, что именно им впервые в нашей стране были начаты исследования всей сорной растительности и разработка практических мероприятий по борьбе с ней в масштабах всей страны. В 1935 г. А.И. Мальцев был утвержден действительным членом Всесоюзной академии сельскохозяйственных наук им. В.И. Ленина, в которой возглавлял Секцию по борьбе с сорняками. 31 июля 1937 г. ему была присуждена ученая степень доктора сельскохозяйственных наук. В 1940 г. Александр Иванович был награжден Малой золотой медалью Всесоюзной сельскохозяйственной выставки. 8 июня 1940 г. Александр Иванович утвержден членом технического совета при Наркомземе СССР.

28 июня 1941 г. Мальцев, как и многие ученые, был арестован по обвинению в участии в «антисоветской вредительской организации, руководимой Вавиловым». По постановлению особого совещания при НКВД СССР Мальцев был приговорен к ссылке в Северо-Казахстанскую область сроком на 5 лет.

С 25 октября 1946 г. Александр Иванович работал заведующим отделом сорных растений на Майкопской опытной станции ВИР. Мальцеву нравилась местность, на которой расположена опытная станция, и, предчувствуя скорую кончину, он определил участок, который будет служить местом захоронения академика. После его смерти здесь был установлен мемориальный памятник, который и сегодня посещают местные жители. А в образовательном центре № 8 возрождается добрая традиция, согласно которой ученикам оказывается доверие ухаживать за могилой академика, расположенной на холмах вдалеке от поселений. Школьники приходят на памятное место и вспоминают историю Майкопской опытной станции ВИР, ее основателя Н.И. Вавилова и его соратников, в частности – А.И. Мальцева.



**Рис. 2. Могила академика А.И. Мальцева,
Республика Адыгея, Майкопский район, гора Шахан).**
(<https://kartarf.ru/dostoprimechatelnosti/257993-mogila-akademika-ai-malceva>)

ПОСЛЕДОВАТЕЛИ ВАВИЛОВА: БОРИС ЛИХАЧЕВ – ПЕРВЫЙ ДИРЕКТОР КУБАНСКОГО ГЕНБАНКА ВИР

Т.В. Герасимова

Федеральный исследовательский центр Всероссийский институт генетических ресурсов растений им. Н.И. Вавилова, Кубанский генетический банк семян – филиал ВИР, Краснодар, Россия, nkos.vir@gmail.com

VAVILOV'S FOLLOWERS: BORIS LIKHACHEV, THE FIRST DIRECTOR OF VIR'S KUBAN GENE BANK

T.V. Gerasimova

N.I. Vavilov All-Russian Institute of Plant Genetic Resources, Kuban Seed Genebank of VIR, Krasnodar, Russia, nkos.vir@gmail.com

Борис Степанович Лихачев (1946–2013), доктор сельскохозяйственных наук, профессор, заслуженный деятель науки Российской Федерации, являлся талантливым ученым, педагогом, воспитавшим не одно поколение молодых ученых, посвятивших себя российской науке.

Борис Степанович Лихачев родился 28 января 1946 г. в г. Ордынке Новосибирской области в крестьянской семье.

Свою трудовую деятельность Борис Степанович начал в 1963 г. рабочим Сибирского ботанического сада г. Томска.



Рис. Б.С. Лихачев

В 1964 г. Борис Степанович поступает на заочное отделение биолого-почвенного факультета Томского государственного университета, продолжая работать лаборантом Ботанического сада. Работа в Ботаническом саду под руководством профессора Николая Васильевича Прикладова (1915–1973) стала для Б.С. Лихачева началом в освоении научных исследований в области семеноведения сельскохозяйственных культур.

В 1966 г. Борис Степанович был откомандирован в Алтайский НИИСХ, а в 1967 г. переводится в Калининградский госуниверситет, где осуществляет педагогическую деятельность и продолжает работать над проблемами силы роста семян, их всхожести и продуктивности зерновых культур.

В 1971 г. поступает в очную аспирантуру ВНИИ растениеводства им. Н.И. Вавилова, где работает над изучением силы роста семян. Работа выполнялась в отделе семеноведения и семеноводства ВИР под руководством доктора сельскохозяйственных наук, профессора Николая Григорьевича Хорошайлова. В 1973 г. успешно защищает кандидатскую диссертацию по теме: «Изучение силы роста как основного фактора жизнеспособности семян» с присвоением ученой степени кандидата биологических наук по специальности «Физиология растений».

В 1974 г. направляется на Кубанскую опытную станцию ВИР, где продолжается строительство грандиозного объекта – Национального хранилища семян. Основная задача хранилища заключалась в обеспечении длительного хранения образцов «генетического фонда сельскохозяйственных культур» без существенного снижения всхожести и нарушения их генетического потенциала.

Строительство хранилища семян длилось 4 года, и за это время сменилось 3 директора: З.С. Виноградов, В.С. Трофимов, В.С. Сотченко. Вся ответственность за научные работы и оснащение научным оборудованием, лежали все эти годы на Лихачеве Борисе Степановиче.

В период строительства хранилища с 1974 по 1976 г. на Кубанской опытной станции была создана проблемная лаборатория семян, она же лаборатория длительного хранения семян. Так, имея уже отработанные отделом семеноведения ВИР методики по определению всхожести семян, Борис Степанович совместно с коллективом научных сотрудников лаборатории приступает к исследованиям по разработке критериев оценки проростков масличных, технических, зерновых культур, разработке методик ускоренного старения семян, изучению физиолого-биохимических особенностей стареющих семян. За время работы заведующим лабораторией длительного хранения, Борис Степанович собрал достойный коллектив научных сотрудников, инженеров холодильных установок, которых можно назвать «первопроходцами» в области длительного хранения семян. В сентябре 1976 г. начались полноценные работы по закладке образцов на длительное хранение.

В 1977 г. Борис Степанович прерывает работу в Национальном хранилище семян и в качестве старшего научного сотрудника уезжает преподавать в Челябинский институт механизации и электрификации. За особые достижения в области преподавательской деятельности, научные разработки в 1980 г. Лихачеву Б.С. присуждается звание доцента.

В 1982 г. Бориса Степановича вновь приглашают возглавить лабораторию длительного хранения Кубанской опытной станции ВИР. Годы руководства (1982–1988) Борисом Степановичем лабораторией длительного хранения семян ознаменовались богатыми научными результатами. Исследования по изучению силы роста семян были обобщены в его докторской диссертации «Сила роста семян (теория, методы, значение)». Разработанный морфофизиологический метод изучения силы роста семян был введен в практику семенного контроля (ГОСТ 12038-66). Проводились исследования по совершенствованию технологии подготовки семян к закладке на длительное хранение, биологии старения семян.

Лихачев Борис Степанович в 1987 г. покидает Кубанскую опытную станцию, в 1988 г. принимается на должность старшего научного сотрудника ВНИИ люпина и вскоре становится заместителем директора по научной работе, а затем еще и руководителем российского селекцентра по люпину, одновременно возглавляя лабораторию семеноведения и первичного семеноводства до 1997 г.

В 1997 г. возглавляет кафедру кормопроизводства, селекции и семеноводства Брянской государственной сельскохозяйственной академии (Брянская ГСХА). И одновременно им организуется Агроэкологическая учебно-опытная станция Брянской ГСХА, директором которой он был с 1998 по 2000 г. Борис Степанович вел в академии активную научно-педагогическую работу, подготовил более 30 молодых ученых – кандидатов наук, консультировал подготовку докторских диссертаций (6 докторантов, успешно защищенных).

В своих работах Борис Степанович применил концепцию Н.И. Вавилова об экологической селекции и ее реализации на примере адаптивного подхода в селекции люпина. Успешное применение данного подхода в селекции люпина позволили достичь высоких результатов. Так, под руководством Лихачева и при непосредственном его участии за эти годы были созданы 9 сортов люпина разных направлений хозяйственного использования.

В 2010 г. Борис Степанович завершает свою деятельность в Брянской ГСХА и снова возвращается во ВНИИ люпина, где он также продолжил активную научно-исследовательскую деятельность по селекции желтого люпина.

Борис Степанович ушел из жизни рано – 23 февраля 2013 г., после тяжелой болезни.

Его научное наследие насчитывает более 180 публикаций, среди которых – методические рекомендации для селекции и семеноводства люпина.

**ВАВИЛОВЕЦ НИКОЛАЙ ПЕТРОВИЧ ГОЛУБЕВ –
УЧЕНЫЙ, АГРОНОМ, СЕЛЕКЦИОНЕР СЕВЕРНЫХ КОРМОВЫХ ТРАВ**

А.А. Кочегина

Федеральный исследовательский центр Всероссийский институт генетических ресурсов растений имени Н.И. Вавилова, Санкт-Петербург, Россия, a.kochegina@vir.nw.ru

**N.I. VAVILOV'S ASSOCIATE, AGRICULTURAL SCIENTIST NIKOLAY
PETROVICH GOLUBEV AS A NORTHERN FORAGE GRASS BREEDER**

A.A. Kochegina

N.I. Vavilov All-Russian Institute of Plant Genetic Resources, St. Petersburg, Russia,
a.kochegina@vir.nw.ru

Николай Петрович Голубев – видный ученый агроном, селекционер кормовых трав, специалист по луговодству – был одним из высокообразованных профильных специалистов с дипломами естественно-научного отделения Императорского Санкт-Петербургского университета (1901–1907), а также Московского сельскохозяйственного института (1908–1910). До поступления на службу в Государственный институт опытной агрономии в 1922 г., в Отдел прикладной ботаники и селекции, которым заведовал Н.И. Вавилов, за плечами 40-летнего Николая Петровича уже был большой послужной список: участковый агроном в Екатеринославской губернии, Петербургское губернское земство в качестве помощника губернского агронома. Зарубежная 8-месячная командировка Департамента земства для постановки дела по культуре кормовых трав на семена, где он изучил деятельность опытных учреждений, кооперативных организаций сельского хозяйства Германии, Австрии, Дании, Швеции. По возвращении Голубев был назначен специалистом по культуре кормовых трав, организовал семеноводческие хозяйства в Петербургской и Новгородской губерниях. В 1919–1920 гг. Н.П. Голубев был мобилизован Комиссариатом Союза Команды Северных областей как специалист по культуре кормовых трав на семена, а затем как специалист Орловского и Витебского губземотделов проводил обследование лугов, сбор дикорастущего семенного материала кормовых трав; в 1920–1921 гг. преподавал семеноведение на кафедре общего земледелия Горы-Горецкого СХИ.

Николай Петрович становится сотрудником Г.И.О.А. с 1922 по 1925 г., затем переведен во Всесоюзный институт прикладной ботаники и новых культур, а с 1930 по 1935 г. в ВИР, где он занимался изучением и продвижением сортов кормовых трав на север, селекционной работой по кормовым травам, луговодством на северных территориях. Он работал сначала на Центральной селекционной и генетической опытной станции в Детском Селе по изучению кормовых злаков: тимофеевки, райграса, ежи, красного клевера и других; по совместительству был помощником заведующего Генетической станцией Петроградского СХИ, которой заведовал в это время Н.И. Вавилов. В 1923 г. Николая Петровича назначили заведующим отделом луговедения. В том же году он опубликовал статью в Известиях ГИОА «К вопросу об организационных заданиях Отдела прикладной ботаники и селекции по отбору кормовых злаковых трав в Северо-Западных областях», где определены основные задачи для северных областей: мелиорация заболоченных земельных площадей, составление сводки накопленных ботаниками-флористами материалов по луговым растениям, изучение форм луговых растений. В 1924–1925 гг. он подвел итог ботанических флористических обследований северных территорий, опубликовал справочник «Сорные травы».

К культуре тимофеевки он обращался в своих статьях и брошюрах неоднократно начиная с 1925 г. В 1931 г. была издана книга «Красный клевер».

В книге «Кормовые злаки для полевого травосеяния Северной полосы СССР» (1933) показано значение кормовых злаков для сельскохозяйственного производства: тимофеевки, овсяницы луговой, овсяницы красной, ежи, райграса французского, итальянского и английского, лисохвоста, мятлика лугового, полевицы белой; обоснована ведущая роль тимофеевки и показаны перспективы ее распространения в культуре; обоснована необходимость создания селекционных центров по кормовым злакам.

В докладе 1928 г. «Травосеяние в ряду проблем по поднятию урожайности в СССР с точки зрения селекционера» он наметил пути поднятия урожайности кормовых злаков: повышение роли семеноводства тимофеевки и красного клевера в опытных учреждениях ГИОА и ВИПБиНК для северной половины Европейской части СССР, выведение позднеспелого клевера, оказание помощи селекционным учреждениям Севера по изучению стародавних очагов культуры клевера, дальнейшее улучшение местных рас, на основе которых развивать его семеноводство, кооперирование отдельных семеноводств, организация крупных семеноводческих пунктов, постоянная связь союзов семеноводов с опытными учреждениями для организации сортоиспытаний; для целей лугового травосеяния мелиорация, организация селекции кормовых трав лугового назначения, создание сортов для условий пониженного рельефа с учетом экологических условий местности.

Академик Н.И. Вавилов очень высоко ценил Н.П. Голубева как одного из лучших знатоков кормовых растений и их селекции, характеризовал его как прекрасного переводчика и знатока мировой литературы по кормовым растениям и по селекции, в течение 10 лет заведовавшего Секцией селекции кормовых ВИР и проводившего работу по селекции бобовых и злаковых кормовых растений. Во время командировок Н.И. Вавилова отчеты по научной деятельности ВИР составлял и подписывал Н.П. Голубев.

Хотя Николай Петрович не считается репрессированным, но после нескольких вызовов в НКВД в 1935 г. он умер, а в его личном деле, хранящемся в ВИР, не нашлось его фотографии.

МАТЕРИАЛЫ ВИР – В ГОСУДАРСТВЕННОМ АРХИВЕ НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКОЙ ИНФОРМАЦИИ

Л.С. Чурина

Центральный государственный архив научно-технической документации Санкт-Петербурга, Санкт-Петербург, Россия, cgantd@ak.gov.spb.ru

VIR'S MATERIALS IN THE STATE ARCHIVE OF SCIENTIFIC AND TECHNICAL INFORMATION

L.S. Churina

Central State Archive of Scientific and Technical Documentation of St. Petersburg,
St. Petersburg, Russia, cgantd@ak.gov.spb.ru

История формирования документального фонда Федерального исследовательского центра Всероссийского института генетических ресурсов растений имени Н.И. Вавилова в составе Архивного фонда Санкт-Петербурга началась в 1963 г. ВИР (тогда он назывался Всесоюзный научно-исследовательский институт растениеводства) стал основным источником комплектования этого фонда документами постоянного срока хранения и был включен в «Список № 1»: здесь документы получают гриф «Хранить вечно».

В 1963 г. были описаны и полностью подготовлены к передаче на постоянное государственное хранение материалы общего делопроизводства ВИР (управление делами, ученый секретариат), документы научных отделов и лабораторий, рукописи научных трудов за 1920–1950 гг.

После этого фонд неоднократно пополнялся. В настоящее время фонд 318 «Всесоюзный научно-исследовательский институт растениеводства им. Н.И. Вавилова» содержит 4760 единиц хранения постоянного срока хранения.

ВИР и Центральный государственный архив научно-технической документации Санкт-Петербурга постоянно взаимодействуют в области популяризации документального фонда Института. В частности, сотрудники архива активно участвовали в подготовке многотомного издания «Николай Иванович Вавилов. Научное наследие в письмах: международная переписка. В 6 т.», а также в создании историко-документальной выставки «125 лет со дня рождения академика Н.И. Вавилова. 1887–1943 гг.» (2012), Выставочный зал федеральных архивов в г. Санкт-Петербурге; организаторы выставки: Федеральное архивное агентство, Российский государственный архив экономики (РГАЭ), Российский государственный исторический архив (РГИА), Комиссия по сохранению и разработке научного наследия академика Н.И. Вавилова РАН.

В настоящее время рассматриваются планы по продолжению сотрудничества, проведению совместных мероприятий и подготовке совместных публикаций.



Рис. 1. Хранилище



Рис. 2. Читальный зал

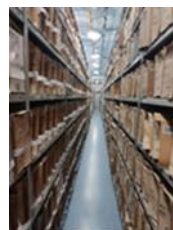


Рис. 3. Хранилище



Рис. 4. Фасад здания

Рис. 1–4. Центральный государственный архив научно-технической документации Санкт-Петербурга, 2022. Фото Л.С. Чуриной.

АЛФАВИТНЫЙ УКАЗАТЕЛЬ АВТОРОВ

- Абдуллаев Р.А. 255, 256
Авруцкая Т.Б. 476
Агафонов А.Ф. 186
Агаханов М.М. 257
Адриан И.А. 422
Акимова Д.Е. 255
Александрова Т.Г. 353
Александрович В.В. 336
Алкубеси М. 53, 439
Алпатьяева Н.В. 54, 193, 210, 256
Аль-Накиб Е.А. 245
Амбросова Ю.Г. 239
Андреева М.П. 164
Анисимова И.Н. 54, 193, 210
Анисимова Н.В. 168
Анисимова О.К. 166
Антонова О.Ю. 33, 134, 278, 295, 299
Антошкин А.А. 356, 388
Апарина В.А. 59, 92
Архипов А.В. 73
Асанов А.М. 379
Афанасенко О.С. 29, 77, 130, 134
Ахмедов М.А. 56
Бабак О.Г. 168
Багмет Л.В. 404
Баженов М.С. 74
Базюк Д.А. 58
Баймуратов А.Ж. 106
Балапанов И.М. 245, 250
Барабанов И.В. 258
Барсукова Т.Т. 458
Бастаубаева Ш.О. 69
Баталова Г.А. 31
Башко Д.В. 161
Бебякина И.В. 37
Бережная А.А. 280
Беренсен Ф.А. 269
Беседин А.Г. 338
Беспалова Л.А. 37
Бибишев В.А. 61
Блинков А.О. 53, 439
Бойко Н.И. 59, 92
Болдаков Д.М. 37, 61
Болотина А.А. 451
Боме Н.А. 58, 201
Бондарева Е.В. 227
Боне К.Д. 240
Борис К.В. 189, 215, 249
Бочкарев В.Д. 406, 408, 423
Бочкарев Д.В. 406, 408
Бражников П.Н. 465
Брач Н.Б. 195, 205, 207, 303
Брыкова А.Н. 67
Бугрова В.В. 104
Булдаков С.А. 127
Булынцев С.В. 340
Бумагина А.Е. 259
Буравцева Т.В. 342
Бурляева М.О. 314, 344
Варганова И.В. 410
Варданян В.А. 184
Васильева И.В. 247
Васильева М.В. 217
Васипов В.В. 260
Васюкевич С.В. 62, 98
Вахрушева В.В. 96, 212
Вержук В.Г. 213, 219, 322
Вершинин В.Л. 113
Вишнякова М.А. 331, 342, 374, 384
Владиминова Л.В. 488
Власова Е.В. 346
Волкова Н.Н. 129
Володина Е.А. 170
Володина С.А. 171
Волокитина Л.В. 491
Воробьев Н.И. 381
Воронова О.Н. 210
Воропаева А.Д. 73
Гавриленко Т.А. 33, 129, 130, 134, 147, 223, 299
Гаврилова В.А. 193, 210
Гаджимагомедова М.Х. 441
Гайнуллина К.П. 347
Галашева А.М. 221
Галиханова Л.З. 261
Галимова М.Р. 291
Гараева Н.Ш. 452, 463
Гаркуша С.В. 110
Гасанова Т.А. 219
Герасимова Т.В. 495
Гильванов А.Ш. 261
Гильмуллина Л.Ф. 452, 463
Глаголева А.Ю. 75
Глухова М.А. 301
Гнутиков А.А. 64
Голибдовская С.А. 227
Голова А.А. 197
Голубева Т.С. 275
Голубкина Н.А. 362
Гончаров Н.П. 35
Горбунова А.О. 366, 399
Горлова Л.А. 197
Горлова Л.М. 157
Гофман А.В. 263
Григорьев С.В. 199
Громенкова И.Г. 340
Губанов А.В. 340
Гулин А.В. 164, 171, 175
Гурина А.А. 159, 265
Гяургиев А.Х. 316
Давлетов Ф.А. 347
Давоян Р.О. 37, 61
Давоян Э.Р. 37, 61
Давыденко О.Г. 336
Давыдова Н.В. 102, 267
Даудова Р.И. 301
Дедова Л.В. 189
Дербенева Д.Е. 269
Джабраилова В.Ю. 171
Дзюбенко Е.А. 349, 390
Дивашук М.Г. 53, 73, 74, 86, 123, 240, 313, 439
Добровольская О.Б. 170
Домблидес А.С. 356

Дрозд Е.В. 168
 Дубенская Г.И. 140
 Дубовец Н.И. 442
 Дубовицкая В.И. 271
 Дубовская А.Г. 213
 Дубровский М.Л. 215, 249
 Дудников М.В. 451
 Дук О.В. 351, 390
 Дунаева С.Е. 223
 Дюжилов С.А. 478
 Евдокимова З.З. 130
 Евсеев В.В. 65
 Егги Э.Э. 353
 Егорова Г.П. 342
 Егорова К.В. 182, 271
 Елацков Ю.А. 483
 Енгальчева И.А. 356
 Ерастенкова М.В. 259, 322
 Еремин В.Г. 38, 219
 Еремин Г.В. 38
 Еремин Д.И. 83, 285, 288, 309
 Еремина О.В. 219
 Ефремова О.С. 129
 Ефремова Т.Т. 324
 Жачкина Н.Н. 376
 Жернаков А.И. 359
 Жуков В.А. 359
 Журбенко П.М. 399
 Забегаева О.Н. 390
 Заварихина Е.А. 159, 265
 Зайцева И.Ю. 273
 Звейнек И.А. 117, 256
 Зеленков В.Н. 94
 Зеленкова В.Н. 432
 Зеленская О.В. 411
 Зинченко А.С. 37
 Зотеева Н.М. 130
 Зубанова Ю.С. 37, 61
 Зуев Д.В. 454
 Зуев Е.В. 43, 67, 92
 Зыкова В.К. 225, 229
 Иванов А.А. 275
 Иванова И.О. 452, 463
 Иващенко А.Д. 132
 Игнатьева Е.Ю. 62, 98
 Игумнова М.М. 173
 Илалова Л.В. 452, 463
 Илларионова К.В. 199
 Искаков А.Р. 69, 106
 Исмагилов К.Р. 71
 Исмагилов Р.Р. 461
 Ихнова В.Н. 276
 Кабашникова Л.Ф. 442
 Кабышев С.В. 27
 Казаченко А.О. 267
 Казыдуб Н.Г. 360, 368
 Кайгородова И.М. 362
 Калембет И.Н. 227
 Калмыш А.П. 445
 Камионская А.М. 144
 Камнев А.М. 278
 Капитанова Т.К. 301
 Каракаджиев А.С. 175
 Каракулева М.В. 269
 Каримов И.К. 71
 Карлов Г.И. 86, 313
 Кахраманоглу И. 237
 Кащенко Г.А. 290
 Кибкало И.А. 307
 Кигашпаева О.П. 164, 171, 175
 Кильчевский А.В. 168
 Киров И.В. 451
 Киселева А.А. 280
 Киселева А.С. 261
 Клименко З.К. 229
 Клименко Н.С. 134
 Ковалев В.С. 110
 Ковалева О.Н. 77, 79
 Коваленко Т.В. 282
 Ковальчук А.И. 366, 399
 Ковтуненко В.Я. 445
 Кожахметов К.К. 69
 Кожемяков А.П. 381
 Козарь Е.В. 439
 Козарь Е.Г. 356
 Козлов В.А. 151, 161
 Коложвари А.Э. 280
 Конькова Н.Г. 213
 Коробкова В.А. 73
 Королев К.П. 201
 Королева Е.В. 231
 Коротенко Т.Л. 124
 Корпанов Р.В. 414
 Коршикова Е.С. 283
 Косарева О.С. 136
 Костина Л.И. 33, 136
 Котелкина И.В. 473
 Коцюбинская О.А. 360
 Кочегина А.А. 497
 Кочерина Н.В. 271
 Кочешкова А.А. 74, 313
 Кочиева Е.З. 119, 138, 144
 Кочнева Д.А. 285
 Кравчук Н.Д. 384
 Красова Н.Г. 221
 Красюков В.С. 368
 Крахмалёва М.С. 104
 Крещенок И.А. 418
 Крупин П.Ю. 86, 123
 Крылова Е.А. 33, 364
 Крюков А.А. 366, 399
 Кудяев Р.А. 316
 Кудрявцев А.М. 189
 Кудряшова Т.Р. 366, 399
 Кузнецова Г.Н. 202
 Кузнецова Е.Б. 193
 Кузнецова Л.И. 458
 Кузьмина С.П. 360, 368
 Кузьмина Ю.И. 287
 Кузьмицкая Г.А. 188
 Кукоева Т.В. 75
 Кулакова А.В. 138
 Кулакова Ю.Ю. 170
 Кулемина Т.В. 76
 Кулешов А.С. 233
 Куркиев К.У. 441, 447

Куркиев У.К. 447
 Кутузова С.Н. 303
 Кутукова А.С. 239, 247
 Куцев Д.С. 260
 Кушхова Р.С. 316
 Кырова Е.И. 29
 Лавникович А.С. 45
 Лаврентьева Н.С. 458
 Лаврова Л.П. 171
 Лагошин А.Г. 493
 Лактионов Ю.В. 381
 Лапина Н.В. 177
 Ларина Г.Е. 416
 Лашина Н.М. 29, 77
 Лебедева Н.В. 140, 396
 Лебедева Н.С. 140, 396
 Левданский О.Д. 336
 Леонова И.Н. 280
 Лесик Е.В. 418
 Леусова Н.Ю. 418
 Лисицын Е.М. 31
 Лисицына О.В. 129
 Литвинов Д.Ю. 313
 Литвинчук О.В. 465
 Лободина Е.В. 245
 Ломако И.С. 392
 Лоскутов И.Г. 40, 64, 297
 Лоскутов С.И. 370
 Лукин С.М. 454
 Лукина К.А. 79
 Лунева Н.Н. 420
 Лупин М.В. 221
 Лысенко Н.С. 67
 Любимова А.В. 285, 309
 Любченко А.В. 140
 Ляпун Д.В. 269
 Ляпунова О.А. 56, 67, 81
 Макарова М.В. 328
 Максимова У.В. 239
 Малышев Л.Л. 351, 372, 374, 390
 Малышева Н.Ю. 372
 Мамаева В.С. 83, 288
 Мамедов Р.З. 104, 374
 Мамедова С.М. 374
 Маннапова Г.С. 452, 463
 Марданшин И.С. 142
 Маркевич И.М. 376
 Марков М.В. 94
 Марчева М.М. 186
 Матвеева Т.В. 303
 Матвиенко И.И. 76, 283
 Матыс И.С. 45, 376
 Медведев А.М. 449
 Менщикова А.А. 83
 Минеев А.Л. 140
 Мироненко Н.В. 29
 Мирская Г.В. 267
 Митрофанова О.П. 67, 100, 295
 Митрошина О.В. 449
 Михайлова А.С. 290
 Михайлова И.В. 480
 Михайлова Ю.В. 399
 Михеев Ю.Г. 153, 178
 Мишечкина В.С. 58
 Мишук Е.А. 336
 Моисеева М.Н. 288
 Молчанова А.В. 186
 Морозова Е.В. 59
 Муканов М.В. 164, 175
 Назарова Л.А. 85
 Нардид В.А. 267
 Нежданова А.В. 144
 Некрашевич Н.А. 168
 Нестеров В.В. 301
 Нижников А.А. 378
 Никитина Е.А. 86
 Николаев П.Н. 87
 Николин Е.Г. 422
 Никольский А.Н. 408, 423
 Новикова Л.Ю. 43, 219, 318
 Ноговицына П.А. 239, 247
 Носов Н.Н. 64
 Нуяндина А.А. 379
 Овчарова Н.В. 427
 Озерский П.В. 129
 Оздобихин В.И. 153
 Окашева Н.А. 145
 Омелянюк Л.В. 379
 Орлова С.Ю. 223, 322
 Оськина Н.А. 33, 134, 147
 Охотникова Т.В. 458
 Павлов Ал.В. 219
 Павлов Ан.В. 195, 205, 207, 303
 Павлова И.А. 235
 Павлова С.Ю. 452, 463
 Панфилова О.В. 237
 Панченко В.В. 445, 456
 Парамоник А.П. 291, 301
 Парфенова А.К. 301
 Пащенко О.И. 293
 Пендинен Г.И. 89, 100
 Пенева Т.И. 458
 Передериева В.М. 425
 Перчук И.Н. 374
 Петровнина Т.А. 227
 Петровский В.В. 422
 Петрушин А.Ф. 110
 Пивоваров В.Ф. 180
 Пикула К.С. 239, 247
 Пискарев В.В. 59, 92
 Плугатарь С.А. 229
 Поварницин А.Н. 155, 159
 Полховская Е.С. 451
 Полякова Р.С. 202
 Пономарев С.Н. 452, 463
 Пономарева М.Л. 452, 463
 Попов А.И. 94
 Попов В.С. 290, 318, 374
 Попова А.С. 49, 239, 247
 Поротников И.В. 295
 Пороховинова Е.А. 195, 205, 207, 303
 Потешкина А.А. 59
 Привалов Ф.И. 45
 Прядильщикова Е.Н. 96, 212
 Пузанский Р.К. 399
 Путин О.В. 219

Путина О.В. 338
 Пухальский Я.В. 370, 381
 Пшеницына Т.С. 110
 Пыко Т.Ю. 62, 98
 Пюккенен В.П. 100, 295
 Пяткова О.В. 62
 Радченко Е.Е. 47, 54, 255, 256
 Радчиков З.В. 213
 Разгонова М.П. 485
 Разумова О.В. 240, 439
 Рахмангулов Р.С. 258, 326
 Резепкин А.М. 267
 Рогатенюк Л.А. 225
 Рогозина Е.В. 145, 149, 157, 161, 265
 Родионов А.В. 64, 399
 Розанова И.В. 297
 Романов В.С. 180
 Романов О.В. 180
 Романова Е.С. 102, 267
 Рубец В.С. 53, 439
 Русаков Д.В. 182
 Русецкий Н.В. 151
 Рыбаков Д.А. 129, 269, 299
 Рязанова М.К. 210
 Савельев А.И. 370
 Савенков П.Ю. 376
 Сайнакова А.Б. 465
 Сайфутдинова Д.Д. 452, 463
 Сакара Н.А. 153, 178
 Салина Е.А. 280
 Сандухадзе Б.И. 104
 Сариев Б.С. 106
 Сарикян К.М. 184
 Сафина Г.Ф. 213
 Седов Е.Н. 221
 Седых С.Е. 291, 301
 Секретарева Н.А. 422
 Семенова Е.В. 384
 Семилет Т.В. 305
 Серая Л.Г. 227
 Сергеев А.А. 301
 Сердюк В.В. 197
 Середин Т.М. 186
 Сеферова И.В. 283, 386
 Сидоров А.В. 108
 Симонова С.Г. 351
 Симонян Р.К. 184
 Синиченко Н.А. 188
 Синявина Н.Г. 182, 271
 Синявская М.Г. 336
 Ситников М.Н. 155, 159, 219, 239, 322
 Скаженник М.А. 110
 Скатова С.Е. 454, 468
 Слепнева Т.Н. 242
 Слепцов Т.С. 49, 239, 247
 Слепченко К.В. 243
 Слободкина А.А. 195, 207, 303
 Смирнова А.М. 388
 Смирнова Н.В. 301, 305
 Смолин Н.В. 408
 Соколова В.М. 123
 Соколова Д.В. 290
 Солдатенко А.В. 180
 Соловьев А.А. 451
 Соловьева А.Е. 140, 157, 213, 318, 372, 374
 Соловьева М.В. 307
 Солодухина О.В. 468, 470
 Сотникова О.М. 76
 Стасюк А.И. 280
 Степанов И.В. 245
 Стрельцова Т.А. 145
 Сулима А.С. 359
 Супрун И.И. 245
 Суслов В.В. 111, 113, 120
 Сухарев С.А. 396
 Сытин А.К. 422
 Таловина Г.В. 239, 247, 418
 Тананаев Н.И. 49
 Тарасова Т.С. 153
 Таутекенова А.К. 309
 Терехина Т.А. 427
 Тетянников Н.В. 58, 311
 Тимонова Е.М. 280
 Тимофеев А.А. 92
 Тихонова Н.Г. 282
 Тихонова О.А. 223
 Тихонович И.А. 359
 Ткаченко К.Г. 429
 Тоболова Г.В. 115
 Токмаков С.В. 245, 250
 Тохтарь В.К. 432
 Травина С.Н. 147
 Трифонова А.А. 189, 215
 Тырышкин Л.Г. 108, 117
 Тысленко А.М. 454
 Тюльпина Ю.М. 493
 Удовицкий А.С. 157
 Ульянов А.В. 260
 Ульянов Д.С. 73, 123, 240, 313
 Ульянова А.А. 313
 Ульяновская Е.В. 250
 Усманова А.Р. 314
 Усова А.А. 261
 Ухатова Ю.В. 257, 259, 282, 283, 320
 Ушаков В.А. 362, 388
 Фёдорова Т.А. 439
 Федяшина М.И. 269
 Филипенко Г.И. 219, 314, 390
 Филюшин М.А. 119, 166, 191
 Фомин С.И. 452, 463
 Фотев Ю.В. 392
 Фридман В.С. 120
 Хакулова М.Ю. 316
 Харченко А.А. 318
 Хасанова Г.Р. 434
 Хасбиуллина О.И. 132
 Хатефов Э.Б. 260, 316
 Хаширова З.Т. 316
 Хвостова А.Б. 320
 Хлесткина Е.К. 75, 282, 364
 Хомяков Ю.В. 271
 Хохленко А.А. 322
 Хуснетдинова У.А. 261
 Хютти А.В. 29, 130, 134
 Цой М.Ф. 221
 Чалая Н.А. 136, 159

Чашинский А.В. 161
Чернов В.Е. 89
Черноок А.Г. 74, 456
Чернуцкая Е.А. 250
Чернышева О.О. 96, 212
Чесноков Ю.В. 182, 267, 271
Чижиков В.Н. 110
Чикида Н.Н. 458
Чувиллина В.А. 394
Чумакова В.В. 396
Чуманова Е.В. 324
Чуприна Н.Д. 485
Чурина Л.С. 499
Чухина И.Г. 33, 276, 437
Шаймарданов Д.Ю. 326
Шаймарданова Э.Х. 328
Шамшин И.Н. 215, 249
Шарошкина Е.Е. 267
Швачко Н.А. 290, 297, 305, 307
Швыдкая Н.В. 411
Шеленга Т.В. 199, 207, 372, 458
Шелоховская Л.В. 239
Шерстюкова Т.П. 132
Шипилина Л.Ю. 33, 410, 437
Ширнин С.Ю. 86

Широкова В.С. 213
Широколава А.В. 267
Шишова М.Ф. 366, 399
Шмидт Э.С. 58,
Шоева О.Ю. 75
Шомахов Б.Р. 316
Шумилина В.В. 186
Шутинская И.А. 151
Шутко А.П. 425
Щедрина З.А. 283
Щенникова А.В. 119, 138, 144
Щенникова И.Н. 273
Юнисова Л.Х. 392
Юркина А.И. 123
Юрков А.П. 366, 399
Юрченко С.А. 124
Юсова О.А. 87
Яковлева М.Ю. 351
Ямалов С.М. 434
Яновский А.С. 73
Ярцева М.А. 252, 320
Яцевич К.К. 168
Яцеленко Д.В. 269
Ященко Ю.И. 401

V ВАВИЛОВСКАЯ МЕЖДУНАРОДНАЯ КОНФЕРЕНЦИЯ

к 135-летию со дня рождения Н.И. Вавилова
(Санкт-Петербург, 21–25 ноября 2022 г.)

ПРОГРАММА КОНФЕРЕНЦИИ

<https://www.vir.nw.ru/blog/2022/08/12/v-vavilovskaya-mezhdunarodnaya-konferentsiya-21-25-11-2022/>

Дата	Мероприятие Конференции
21.11.2022	1. Открытие и <u>Первое пленарное заседание V Вавиловской международной конференции, посвященной 135-летию со дня рождения Н.И. Вавилова</u> (совместно с V Международной научной конференцией «Генетика и биотехнология XXI века: проблемы, достижения, перспективы» и Санкт-Петербургским Научным Центром РАН)
	2. Конференция <u>«Генетические ресурсы растений: сохранение, изучение, использование»</u> . День 1. 3. Молодежная конференция <u>«Поколение F3 – к 135-летию со дня рождения Н.И. Вавилова»</u> . День 1.
22.11.2022	1. Конференция <u>«Генетические ресурсы растений: сохранение, изучение, использование»</u> . День 2. 2. Круглый стол <u>«Соратники и последователи Н.И. Вавилова – в регионах России»</u> 3. Круглый стол: <u>«Сорные растения: актуальные вопросы изучения разнообразия, происхождения, эволюции»</u>
23.11.2022	1. Всероссийская конференция: <u>«100 лет научному обеспечению эффективного использования генетических ресурсов бобовых в России»</u> 2. Круглый стол: <u>«Тритикале – культура будущего» к 85-летию У.К. Куркиева</u> . 3. Круглый стол: <u>«Рожь: вчера, сегодня, завтра» (генетика, селекция, разнообразие и т.п.) – памяти почетного профессора ВИР В.Д. Кобылянского</u>
24.11.2022	Молодежная конференция <u>«Поколение F3 – к 135-летию со дня рождения Н.И. Вавилова»</u> . День 2.
25.11.2022	<u>Совместное пленарное заседание</u> , посвященное 135-й годовщине со дня рождения академика Н.И. Вавилова V Вавиловской международной конференции, Международной научно-практической конференций «ВАВИЛОВСКИЕ ЧТЕНИЯ-2022», V Международной научной конференцией «Генетика и биотехнология XXI века: проблемы, достижения, перспективы»

научное электронное издание



**V ВАВИЛОВСКАЯ
МЕЖДУНАРОДНАЯ КОНФЕРЕНЦИЯ:
К 135-ЛЕТИЮ СО ДНЯ РОЖДЕНИЯ Н.И. ВАВИЛОВА**

г. Санкт-Петербург, 21–25 ноября 2022 г.

Тезисы докладов

Печатается в авторской редакции

За объективность и достоверность представленных данных ответственность несут
авторы (соавторы) публикуемых тезисов

Подписано к использованию 26.12.2022 Комплектация издания – 1 pdf файл

Федеральный исследовательский центр Всероссийский институт генетических ресурсов
растений им. Н.И. Вавилова (ВИР)
Библиотечно-издательский отдел
190000, Санкт-Петербург, ул. Большая Морская, д. 42, 44

ISBN 978-5-907145-90-0



9 785907 145900