

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации



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

ГЕНЕТИЧЕСКИЕ РЕСУРСЫ РАСТЕНИЙ ДЛЯ ГЕНЕТИЧЕСКИХ ТЕХНОЛОГИЙ

Тезисы докладов
Всероссийской научной конференции,
проходящей в рамках
Второго научного Форума
«Генетические ресурсы России»

г. Санкт-Петербург
26–27 июня 2023 г.



САНКТ-ПЕТЕРБУРГ
2023

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации

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



ГЕНЕТИЧЕСКИЕ РЕСУРСЫ РАСТЕНИЙ ДЛЯ ГЕНЕТИЧЕСКИХ ТЕХНОЛОГИЙ

Тезисы докладов
Всероссийской научной конференции,
проходящей в рамках Второго научного Форума
«Генетические ресурсы России»

г. Санкт-Петербург, 26–27 июня 2023 г.

Санкт-Петербург, 2023

в рамках соглашения
№ 075-15-2021-1050
(от 28.09.2021)



УДК 575:58:60:631.52:633/635(470+571)(063)

ББК 28.54я431 + 42я431

Г34

Генетические ресурсы растений для генетических технологий : тезисы докладов Всероссийской научной конференции, проходящей в рамках Второго научного Форума «Генетические ресурсы России», г. Санкт-Петербург, 26–27 июня 2023 г. : научное электронное издание / под 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, 2023. – 196, [1] с. : табл., ил.

ISBN 978-5-907780-00-2

Представлены программа и тезисы Всероссийской научной конференции «Генетические ресурсы растений для генетических технологий», которая проходила в г. Санкт-Петербурге 26–27 июня 2023 г. в рамках Второго научного Форума «Генетические ресурсы России» (далее – Мероприятие/Конференция).

В рамках Мероприятия работали 3 секции: «Сохранение коллекций генетических ресурсов растений», «Изучение генетических ресурсов растений», «Прикладные исследования генетических ресурсов растений», были проведены круглые столы: Круглый стол о биохимических исследованиях; Круглый стол к юбилею Л.И. Костиной.

В Конференции приняли участие ведущие ученые и эксперты.

Конференция проводилась в рамках соглашения № 075-15-2021-1050 (от 28.09.2021), при финансовой поддержке спонсоров: ООО «Компания Хеликон», ООО «ПрофиЛаб», ООО «К-Трейд».

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/2023/03/09/brk2023/>

УДК 575:58:60:631.52:633/635(470+571)(063)

ББК 28.54я431 + 42я431

ISBN 978-5-907780-00-2

DOI 10.30901/978-5-907780-00-2

© Федеральный исследовательский центр
Всероссийский институт генетических
ресурсов растений имени Н.И. Вавилова
(ВИР), 2023

© Авторы статей, 2023

© Е. А. Чарушина-Капустина, оформление
обложки, 2023

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)



PLANT GENETIC RESOURCES FOR GENETIC TECHNOLOGIES

Abstracts
of the All-Russian Scientific Conference Held
Within the Framework of the Second Scientific Forum
“Genetic Resources of Russia”

St. Petersburg, June 26–27, 2023

St. Petersburg, 2023

в рамках соглашения
№ 075-15-2021-1050
(от 28.09.2021)



UDC 575:58:60:631.52:633/635(470+571)(063)

Plant Genetic Resources for Genetic Technologies : abstracts of the All-Russian Scientific Conference held within the framework of the Second Scientific Forum “Genetic Resources of Russia”, St. Petersburg, June 26–27, 2023 : 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, 2023. – 196, [1] p. : tab., ill.

ISBN 978-5-907780-00-2

This publication presents the Program and Abstracts of the All-Russian Scientific Conference “Plant Genetic Resources for Genetic Technologies” (hereinafter the Event/Conference) held in St. Petersburg on June 26–27, 2023 within the framework of the Second Scientific Forum “Genetic Resources of Russia”.

The event included 3 sections: “Conservation of Plant Genetic Resources Collections”, “Study of Plant Genetic Resources”, and “Applied Research on Plant Genetic Resources”, as well as the “Roundtable on Biochemical Research” and “Roundtable Devoted to the Anniversary of Lyudmila I. Kostina”.

The Conference was attended by leading scientists and experts.

This event was held within the framework of Agreement No 075-15-2021-1050 (of September 28, 2021), with the financial support of sponsors: Helicon Company LLC, Profilab LLC, and K-Trade LLC.

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 as submitted. 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/2023/03/09/brk2023/>

UDC 575:58:60:631.52:633/635(470+571)(063)

ISBN 978-5-907780-00-2
DOI 10.30901/978-5-907780-00-2

© Federal Research Center
the N.I. Vavilov All-Russian Institute
of Plant Genetic Resources (VIR), 2023
© Authors of articles, 2023
© E. A. Charushina-Kapustina, cover design, 2023

ОГЛАВЛЕНИЕ

ПРОГРАММА Всероссийской научной конференции «Генетические ресурсы растений для генетических технологий»	13
ПЛЕНАРНОЕ ЗАСЕДАНИЕ	23
<i>Хлесткина Е.К.</i> Вступительное слово	24
<i>Должикова М.А., Пикунова А.В., Павленко А.А.</i> Генетическая паспортизация ягодных культур	25
<i>Камнев А.М., Яговцева Н.Д., Антонова О.Ю., Дунаева С.Е., Гавриленко Т.А.</i> Генотипирование сортов малины алтайской селекции при помощи SSR-маркеров	28
<i>Лоскутов И.Г., Ухатова Ю.В., Хлесткина Е.К.</i> Основные направления деятельности национальной сетевой коллекции генетических ресурсов растений в сфере генетических технологий	30
<i>Павленко А.А., Должикова М.А., Пикунова А.В.</i> Генетическая паспортизация груши (<i>Pyrus</i>) из биоресурсной коллекции ВНИИСПК	32
<i>Подгаецкий М.А., Евдокименко С.Н.</i> Генетическая коллекция <i>Rubus idaeus</i> L. ФНЦ садоводства и использование ее в селекции	35
<i>Токмаков С.В.</i> Применение микросателлитных ДНК-маркеров для анализа генетического разнообразия плодовых культур	37
СЕКЦИЯ 1. СОХРАНЕНИЕ КОЛЛЕКЦИЙ ГЕНЕТИЧЕСКИХ РЕСУРСОВ РАСТЕНИЙ	38
СЕКЦИЯ 2. ИЗУЧЕНИЕ ГЕНЕТИЧЕСКИХ РЕСУРСОВ РАСТЕНИЙ	
<i>Аппаев С.П., Яндиева А.Р., Матаева О.Х.</i> Селекционная ценность образцов высоко-масличной кукурузы	39
<i>Вишнякова М.А., Егорова Г.П.</i> Коллекция люпина узколистного ВИР как зеркало доместики вида	41
<i>Горпенченко Т.Ю., Евсеева Т.А., Ханды М.Т., Киселев К.В., Шкрыль Ю.Н., Наконечная О.В., Гончаров А.А., Булгаков В.П., Журавлев Ю.Н.</i> Дальневосточная коллекция культур клеток высших растений	43
<i>Дедова А.Е.</i> Генофонд сливы китайской (<i>Prunus salicina</i> Lindl.) как источник ценных признаков в селекции сливы русской (<i>Prunus × rossica</i> Erem.)	45
<i>Киселева И.С., Ермошин А.А.</i> Изменения фотосинтетического аппарата, устойчивости к обезвоживанию и белкового профиля зерна у предковых и современных форм пшениц	47
<i>Кулешов А.С., Кулян Р.В.</i> Представители рода <i>Citrus</i> L. для декоративного и любительского садоводства	49
<i>Лангаева Н.Н., Рубец В.С.</i> Оценка коллекции озимой тритикале на низкостебельность в условиях Центрального региона нечерноземной зоны России	51
<i>Матиевская О.С., Шимко В.Е., Гордей И.С., Люсиков О.М., Бондаревич Е.Б., Гордей С.И., Сацюк И.В.</i> Идентификация наиболее значимых аллелей генов TAVP-1B и ТАМF-3A, ассоциированных с устойчивостью к предуборочному прорастанию, в генофонде исходного селекционного материала озимой мягкой пшеницы (<i>T. aestivum</i> L.)	53
<i>Матыс И.С., Привалов Ф.И., Гриб С.И.</i> Генетический банк растений Беларуси и эффективность его использования в селекции	56
<i>Межина К.М., Харченко А.А., Тихонова Н.Г.</i> Подбор оптимальных условий для каллусообразования образцов земляники садовой (<i>Fragaria × ananassa</i>) из коллекции ВИР	59
<i>Нековаль С.Н., Чурикова А.К., Чернякович М.Н.</i> Комплексная оценка генетической коллекции томата и отбор линий устойчивых к основным вредным объектам в условиях Краснодарского края	62
<i>Новикова Л.Ю.</i> Создание дата-платформы сетевой коллекции ГРП плодовых и ягодных культур	64
<i>Обухова Н.С., Соловьева М.В., Кибкало И.А.</i> Изменчивость числа падения у образцов яровой мягкой пшеницы в зависимости от географической точки возделывания	66

<i>Харченко А.А., Тихонова Н.Г., Новикова Л.Ю.</i> Дифференциация сортов земляники по зимостойкости в контролируемых условиях	68
<i>Хвостова А.Б.</i> Некоторые особенности введения в культуру <i>in vitro</i> и микроклонального размножения сортов черной смородины селекции ПОС ВИР	70
<i>Чикида Н.Н., Шеленга Т.В., Белоусова М.Х., Филиппова П.С., Чижевская Е.П., Чеботарь В.К., Пищик В.Н.</i> Использование метаболомного профиля устойчивых и неустойчивых к листовым болезням образцов вида <i>Aegilops tauschii</i> Coss. как модель для понимания механизмов ингибирования патогенеза у генотипов D-генома	72
<i>Чурикова А.К., Нековаль С.Н., Чернякович М.Н.</i> Выявление мутантных форм томата, устойчивых к <i>Meloidogyne</i> spp.	76
<i>Шабоян Г.Г., Мартиросян Г.С., Сарикян К.М.</i> Результаты исследования чечевицы в Армении	78
<i>Щеклеина Л.М.</i> Генофонд <i>Triticum aestivum</i> L., устойчивый к поражению спорыньей и к накоплению эргоалкалоидов	80
ПОСТЕРНАЯ СЕССИЯ. СЕКЦИЯ 2	82
<i>Андреева А.С., Анисимова И.Н., Ляпунова О.А.</i> Аллельное разнообразие генов, контролирующих скорость развития у образцов твердой пшеницы из коллекции ВИР	83
<i>Башко Д.В., Козлов В.А., Русецкий Н.В., Чашинский А.В., Михалькович И.А., Семанюк Т.В.</i> Молекулярный анализ перспективных межвидовых гибридов картофеля на устойчивость к фитопатогенам	85
<i>Гуркина М.В., Крылова Е.А., Бурляева М.О.</i> Исходный материал для создания конвейера сортов овощной вигны	87
<i>Заварихина Е.А., Алпатьева Н.В., Рогозина Е.В.</i> ДНК-маркеры <i>Rpi</i> -генов в потомстве сложных межвидовых гибридов картофеля	89
<i>Крылова Е.А., Кондратьева А.В.</i> Индукция каллуса у образцов вигны (<i>Vigna unguiculata</i> (L.) Walp.) из коллекции ВИР	91
<i>Макаев А.К., Антонова О.Ю.</i> Опыт генотипирования коллекции косточковых культур Майкопской опытной станции – филиала ВИР	93
<i>Радченко Е.Е., Акимова Д.Е., Звейнек И.А.</i> Устойчивость образцов ячменя из азиатской части России к обыкновенной злаковой тле	95
<i>Саенко К.Ю., Дудников М.В.</i> Молекулярное изучение генетического разнообразия сортов и линий рода \times <i>Triticosecale</i> Wittm. ex A. Camus на наличие генов устойчивости к возбудителю стеблевой ржавчины	96
<i>Слободкина А.А., Матвеева Т.В., Павлов А.В., Брач Н.Б., Швачко Н.А., Семилет Т.В., Михайлова А.С., Кутузова С.Н., Пороховинова Е.А.</i> Различия между аллелями гена <i>MI</i> устойчивости льна (<i>Linum usitatissimum</i> L.) к ржавчине (<i>Melampsora lini</i> (Pers.) Lev.)	98
<i>Таловина Г.В., Тихонова О.А., Коробкова Т.С., Николин Е.Г., Пикула К.С.</i> Генетические ресурсы дикорастущих видов смородины (<i>Ribes</i> L.) на территории Республики Саха (Якутия)	101
<i>Шешукова Е.В., Ершова Н.М., Камарова К.А., Комарова Т.В.</i> Метанол-индуцируемый ген <i>Nicotiana benthamiana</i> кодирует белок, ассоциированный с ядрышком растительной клетки	105
КРУГЛЫЙ СТОЛ О БИОХИМИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЯХ: (К ЮБИЛЕЮ А.В. КОНАРЕВА)	107
<i>Егги Э.Э.</i> Использование метода SDS-электрофореза в селекционном процессе, в контроле за качеством семенной продукции, в поддержании семенных коллекций (бобовых и других двудольных культур)	108
<i>Конарев А.В., Хорева В.И.</i> Основные принципы организации биохимических и молекулярно-биологических исследований генетического разнообразия культурных растений в ВИР	110
<i>Перчук И.Н.</i> Метод газовой хроматографии с масс-спектрометрией (GC-MS) в изучении питательной ценности представителей рода <i>Vigna</i> Savi	112
<i>Попов В.С., Смоленская А.Е.</i> Современные аспекты биохимического изучения коллекций плодово-ягодных и зерновых культур ВИР	113
<i>Соловьева А.Е., Рогозина Е.В., Артёмьева А.М.</i> Современные аспекты биохимического изучения коллекций овощных культур и картофеля ВИР	116

<i>Шеленга Т.В., Попов В.С., Керв Ю.А., Хорева В.И., Перчук И.Н., Соловьева А.Е.</i> Вклад отдела биохимии и молекулярной биологии в научный потенциал ВИР. Значение методов скрининга в изучении коллекций	118
СЕКЦИЯ 3. ПРИКЛАДНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ГЕНЕТИЧЕСКИХ РЕСУРСОВ РАСТЕНИЙ	121
<i>Андреанов А.Д., Андреанов Д.А.</i> Генетические, ботанические, географические, физиологические, биохимические и агротехнические основы селекции картофеля	122
<i>Барабанов И.В., Рахмангулов Р.С.</i> Индукция каллусогенеза львиного зева коллекции ВИР	125
<i>Бурсаков С.А., Крупин П.Ю.</i> Стручковая соя	127
<i>Дудников М.В., Киров И.В., Саенко К.Ю., Демури Я.Н., Соловьев А.А.</i> Разработка технологии массового генотипирования подсолнечника с помощью секвенирования ампликонов <i>Oxford nanopore</i>	129
<i>Ершова Н.М., Камарова К.А., Шешукова Е.В., Комарова Т.В.</i> Гомолог ингибитора пептидазы Кунитца <i>Nicotiana benthamiana</i> повышает чувствительность растений к вирусу табачной мозаики	131
<i>Исаков И.Ю., Исаков Ю.Н.</i> Создание, изучение и перспективы использования биоресурсных коллекций рода <i>Betula L.</i>	133
<i>Камарова К.А., Ершова Н.М., Шешукова Е.В., Комарова Т.В.</i> Обратимо гликозилируемые полипептиды класса 1 подавляют ближний транспорт и репродукцию вируса табачной мозаики у <i>Nicotiana benthamiana</i>	135
<i>Кибальник О.П.</i> Изучение влияния А3, А4, 9Е типов стерильных цитоплазм в системе тестерных скрещиваний сахарного сорго	137
<i>Костылев П.И., Вожжова Н.Н., Калинина Н.В., Голубова В.А.</i> Новый генофонд риса, устойчивого к длительному погружению в воду	139
<i>Кузьменко Н.В., Муругова Г.А.</i> Изучение коллекции ВИР ярового ячменя для использования в селекционном процессе в условиях Приморского края	142
<i>Манукян И.Р., Цветкова Ю.В.</i> Видовое разнообразие грибов рода <i>Fusarium</i> на зерновых культурах в условиях предгорной зоны Центрального Кавказа	144
<i>Мироненко Н.В., Мироненко Н.В., Коваленко Н.М., Баранова О.А., Митрофанова О.П.</i> Оценка стародавних сортов озимой мягкой пшеницы из коллекции ВИР на устойчивость к желтой пятнистости	146
<i>Рекославская Н.И., Копытина Т.В.</i> Специфические функции рацемаз и оксидаз L- и D-аминокислот в растениях, а также у млекопитающих при канцерогенезе	148
<i>Розанова И.В., Григорьев Ю.Н., Игошин А.В., Хлесткина Е.К.</i> Анализ локусов, ассоциированных с признаками продуктивности сортов ячменя (<i>Hordeum vulgare</i>) из сибирской коллекции	150
<i>Садиков А.Т.</i> Детерминационный потенциал признаков продуктивности сортов хлопчатника при изучении их как селекционного материала	152
<i>Садиков А.Т.</i> Изучение и отбор ценных коллекционных сортов хлопчатника как основной фундамент достижения селекционных исследований	154
<i>Уланов А.К.</i> Яровая рожь – важнейшая страховая культура Бурятии	157
<i>Цыганков В.И., Цыганков А.В., Калыбекова Ж.Т., Шанинов Т.С., Цыганкова Н.В.</i> Использование потенциала генетических ресурсов яровой пшеницы в селекции на адаптивность, засухоустойчивость, качество зерна для условий Западного Казахстана	159
<i>Чикида Н.Н., Иванова Ю.В., Белоусова М.Х.</i> Диплоидные виды <i>Aegilops caudata</i> и <i>Aegilops umbellulata</i> Zhuk. как генетический потенциал для расширения генофонда рода <i>Triticum L.</i>	161
<i>Эльконин Л.А., Владимирова А.В., Сарсенова С.Х., Панин В.М.</i> Идентификация молекулярных маркеров, ассоциированных с геном-восстановителем ЦМС типа 9Е сорго (<i>Sorghum bicolor (L.) Moench</i>), и их изменчивость под влиянием внешней среды	163
ПОСТЕРНАЯ СЕССИЯ. СЕКЦИЯ 3	165
<i>Антонов А.А., Клименко И.А.</i> Использование SSR- и SRAP-маркеров для оценки генетических вариаций в коллекции образцов вики посевной и мохнатой	166
<i>Ерастенкова М.В., Тихонова Н.Г., Хохленко А.А., Кислин Е.Н., Ухатова Ю.В.</i> Изучение молекулярных механизмов ответа на низкотемпературный стресс у <i>Vitis vinifera L.</i>	169

<i>Ермошин А.А., Тептина А.Ю.</i> Растения-гипераккумуляторы на Урале и их аккумуляционный потенциал	171
<i>Коваленко Т.В., Новикова Л.Ю., Ухатова Ю.В.</i> Оценка эффективности каллусообразования у образцов винограда	174
<i>Мавлютова Л.И., Эльконин Л.А., Колесова А.Ю., Панин В.М., Цветова М.И.</i> Элиминация хромосом как механизм возникновения диплоидов в потомстве линий кукурузы с элементами апомиксиса при их опылении тетраплоидами	175
<i>Плющ О.В., Филь И.В.</i> Распространенность болезней перца в предгорной зоне Адыгеи	177
<i>Супрун И.И., Аль-Накиб Е.А., Степанов И.В., Токмаков С.В.</i> SSR-фингерпринтинг и анализ генетических взаимосвязей селекционных форм ореха грецкого ФГБНУ СКФНЦСВВ	179
<i>Филь И.В.</i> Оценка овса на повреждаемость низкими зимними температурами в условиях предгорной зоны Северо-Западного Кавказа	180
<i>Шерстобитов В.В., Колесова М.А.</i> Устойчивость сливы домашней к грибным болезням в условиях предгорной зоны Адыгеи	182
КРУГЛЫЙ СТОЛ К ЮБИЛЕЮ Л.И. КОСТИНОЙ	184
<i>Рогозина Е.В.</i> Дело всей жизни: славный путь от аспиранта до доктора биологических наук, почетного профессора ВИР: к 90-летию Людмилы Ильиничны Костиной	185
<i>Рогозина Е.В.</i> Классификация и изучение сортов картофеля в коллекции ВИР: к 90-летию Людмилы Ильиничны Костиной	187
Поздравления с 90-летием Л.И. Костиной	189
ЗАКРЫТИЕ КОНФЕРЕНЦИИ	192
<i>Лоскутов И.Г., Супрун И.И., Цой М.Ф., Жидехина Т.В., Кулян Р.В., Евдокименко С.Н., Ухатова Ю.В., Хлесткина Е.К.</i> Перспективы развития Национальной сетевой коллекции генетических ресурсов растений	193
Алфавитный указатель авторов тезисов	195

CONTENTS

PROGRAM of the All-Russian Scientific Conference “Plant Genetic Resources for Genetic Technologies”	13
PLENARY SESSION	23
<i>Khlestkina E.K.</i> Opening remarks	24
<i>Dolzhikova M.A., Pikunova A.V., Pavlenko A.A.</i> Genetic Certification of Berry Crops	25
<i>Kamnev A.M., Yagovtseva N.D., Antonova O.Yu., Dunaeva S.E., Gavrilenko T.A.</i> SSR Genotyping of Altai Raspberry Cultivars	28
<i>Loskutov I.G., Ukhatova Yu.V., Khlestkina E.K.</i> Main Areas of Activity of the National Network Collection of Plant Genetic Resources in the Field of Genetic Technologies	30
<i>Pavlenko A.A., Dolzhikova M.A., Pikunova A.V.</i> Genetic Certification of Pear (<i>Pyrus</i>) from the Bioresource Collection of the Russian Research Institute of Fruit Crop Breeding	32
<i>Podgaetskiy M.A., Evdokimenko S.N.</i> Genetic Collection of <i>Rubus idaeus</i> L. at the Federal Horticultural Center and its Use in Breeding	35
<i>Tokmakov S.V.</i> Application of Microsatellite DNA Markers for the Analysis of Fruit Crop Genetic Diversity	37
SECTION 1. CONSERVATION OF PLANT GENETIC RESOURCES COLLECTIONS	38
SECTION 2. STUDY OF PLANT GENETIC RESOURCES	
<i>Appaev S.P., Yandieva A.R., Mataeva O.H.</i> Breeding Value of High-Oil Maize Accessions	39
<i>Vishnyakova M.A., Egorova G.P.</i> VIR Collection of Narrow-Leaved Lupine as a Mirror of the Species Domestication	41
<i>Gorpenchenko T.Y., Evseeva T.A., Khandy M.T., Kiselev K.V., Shkryl Y.N., Nakonechnaya O.V., Goncharov A.A., Bulgakov V.P., Zhuravlev Yu.N.</i> The Far East Collection of Higher Plant Cell Cultures	43
<i>Dedova A.E.</i> The Gene Pool of Chinese Plum (<i>Prunus salicina</i> Lindl.) as a Source of Valuable Traits for Russian Plum (<i>Prunus × rossica</i> Erem.) Breeding	45
<i>Kiseleva I.S., Ermoshin A.A.</i> Changes in the Photosynthetic Apparatus, Desiccation Tolerance, and Grain Protein Profile in Ancestral and Modern Wheat Forms	47
<i>Kuleshov A.S., Kulyan R.V.</i> Representatives of the Genus <i>Citrus</i> L. for Decorative and Amateur Gardening	49
<i>Langaeva N.N., Rubets V.S.</i> Evaluation of the Winter Triticale Collection for Dwarfness Under Conditions of the Central Non-Chernozem Zone of Russia	51
<i>Matievskaya O.S., Shymko V.E., Gordej I.S., Lyusikov O.M., Bondarevich E.B., Gordej S.I., Satsuk I.V.</i> Screening of the Initial Breeding Material of Common Wheat (<i>T. aestivum</i> L.) for the most significant alleles of <i>TaVp-1B</i> and <i>TaMF-3A</i> Genes Associated With Resistance to Pre-Harvest Sprouting	53
<i>Matys I.S., Pryvalau F.I., Grib S.I.</i> Plant Genebank of Belarus and Efficiency of its Use in Breeding	56
<i>Mezhina K.M., Kharchenko A.A., Tikhonova N.G.</i> The Selection of Optimum Conditions for Callus Formation in Strawberry (<i>Fragaria × ananassa</i>) Accessions from the VIR Collection	59
<i>Nekoval S.N., Churikova A.K., Chernyakovich M.N.</i> Comprehensive Assessment of the Tomato Genetic Collection and Selection of Lines Resistant to the Main Harmful Objects in the Conditions of the Krasnodar Territory	62
<i>Novikova L.Yu.</i> Creation of a Data Platform for a Network Collection of Fruit and Berry Crop Genetic Resources	64
<i>Obukhova N.S., Solovyova M.V., Kibkalo I.A.</i> The Falling Number Variation in Spring Common Wheat Accessions Depending on the Geographical Location of Cultivation	66
<i>Kharchenko A.A., Tikhonova N.G., Novikova L.Yu.</i> Differentiation of Strawberry Cultivars by Winter Hardiness Under Controlled Conditions	68
<i>Khvostova A.B.</i> Some Specific Features of Transfer Into <i>In Vitro</i> Culture and Clonal Micropropagation of Black Currant Varieties Bred at the VIR Polar Experiment Station	70
<i>Chikida N.N., Shelenga T.V., Belousova M.H., Filippova P.S., Chizhevskaya E.P., Chebotar V.K., Pischik V.N.</i> The Use of Metabolomic Profiles of <i>Aegilops Tauschii</i> Coss.	72

Accessions Resistant and Non-Resistant to Leaf Diseases as a Model for Understanding the Mechanisms of Pathogenesis Inhibition in D-Genotypes	
<i>Churikova A.K., Nekoval S.N., Chernyakovich M.N.</i> Identification of Mutant Tomato Forms Resistant to <i>Meloidogyne</i> spp.	76
<i>Shaboyan G.G., Martirosyan G.S., Sarikyan K.M.</i> The Results of the Study of <i>Lens culinaris</i> Medik. in Armenia	78
<i>Shchekleina L.M.</i> The Gene Pool of <i>Triticum aestivum</i> L. Resistant to Ergo and Accumulation of Ergoalkaloids	80
POSTER SESSION. SECTION 2	82
<i>Andreeva A.S., Anisimova I.N., Lyapunova O.A.</i> Allelic Diversity of Genes Controlling the Rate of Development in Durum Wheat Accessions from the VIR Collection	83
<i>Bashko D.V., Kozlov V.A., Rusetskiy N.V., Chashynski A.V., Mikhalkovich I.A., Semanyuk T.V.</i> Molecular Analysis of Promising Interspecific Potato Hybrids for Resistance to Phytopathogens	85
<i>Gurkina M.V., Krylova E.A., Burlyaeva M.O.</i> Initial Material for Vegetable Cowpea Variety Development Pipeline	87
<i>Zavarikhina E.A., Alpatieva N.V., Rogozina E.V.</i> DNA Markers of <i>Rpi</i> Genes in Offsprings of Complex Interspecific Potato Hybrids	89
<i>Krylova E.A., Kondratieva A.V.</i> Callus Induction in <i>Vigna unguiculata</i> (L.) Walp. from the VIR Collection	91
<i>Makaov A.K., Antonova O.Yu.</i> The Experience of Genotyping the Collection of Stone Fruit Crops of the Maikop Experiment Station, a Branch of VIR	93
<i>Radchenko E.E., Akimova D.E., Zveinek I.A.</i> Greenbug Resistance in Barley Accessions from the Asian Part of Russia	95
<i>Saenko K.Yu., Dudnikov M.V.</i> Molecular Study of the Genetic Diversity of Varieties and Lines of the Genus \times <i>Triticosecale</i> Wittm. ex A. Camus for the Presence of Resistance Genes to the Causative Agent of Stem Rust	96
<i>Slobodkina A.A., Matveeva T.V., Pavlov A.V., Brutch N.B., Shvachko N.A., Semilet T.V., Mikhailova A.S., Kutuzova S.N., Porokhovinova E.A.</i> Differences Between Alleles of the <i>MI</i> Gene of Resistance to Rust (<i>Melampsora lini</i> (Pers.) Lev.) in Flax (<i>Linum usitatissimum</i> L.)	98
<i>Talovina G.V., Tikhonova O.A., Korobkova T.S., Nikolin E.G., Pikula K.S.</i> Wild Currant (<i>Ribes</i> L.) Genetic Resources in the Republic of Sakha (Yakutia)	101
<i>Sheshukova E.V., Ershova N.M., Kamarova K.A., Komarova T.V.</i> A Methanol-Inducible Gene of <i>Nicotiana benthamiana</i> Encodes a Protein Associated With the Plant Cell Nucleolus	105
ROUNDTABLE ON BIOCHEMICAL RESEARCH: (DEDICATED TO THE ANNIVERSARY OF ALEXEY V. KONAREV)	107
<i>Eggi E.E.</i> The Use of the SDS Electrophoresis in Breeding, Seed Quality Control, and Maintenance of Seed Collections of Legumes and Other Dicotyledonous Crops	108
<i>Konarev A.V., Khoreva V.I.</i> Basic Principles of Organization of Biochemical and Molecular Biological Studies of Cultivated Plants Genetic Diversity in VIR	110
<i>Perchuk I.N.</i> Gas Chromatography with Mass Spectrometry (GC-MS) in the Study of the Nutritional Value of Representatives of the Genus <i>Vigna</i> Savi	112
<i>Popov V.S., Smolenskaya A.E.</i> Modern Aspects of Biochemical Studies of VIR Collections of Fruit, Berry, and Grain Crops	113
<i>Solovyova A.E., Rogozina E.V., Artemyeva A.M.</i> Modern Aspects of Biochemical Studies of VIR Collections of Vegetable Crops and Potato	116
<i>Shelenga T.V., Popov V.S., Kerv Yu.A., Khoreva V.I., Perchuk I.N., Solovyova A.E.</i> The Contribution of the Department of Biochemistry and Molecular Biology to the Scientific Potential of VIR. The Importance of Screening Methods in Studies of Collections	118
SECTION 3. APPLIED RESEARCH ON PLANT GENETIC RESOURCES	121
<i>Andrianov A.D.</i> Genetic, Botanical, Geographical, Physiological, Biochemical and Agronomic Fundamentals of Potato Breeding	122
<i>Barabanov I.V.</i> Induction of Callusogenesis in Snapdragon from the VIR Collection	125
<i>Bursakov S.A., Kroupin P.Yu.</i> Vegetable Soybean	127
<i>Dudnikov M.V.</i> Development of Sunflower Mass Genotyping Technology Using Oxford Nanopore Amplicon Sequencing	129

<i>Ershova N.M. Nicotiana benthamiana</i> Kunitz Peptidase Inhibitor-Like Protein Increases Plant Susceptibility to Tobacco Mosaic Virus	131
<i>Isakov I.Yu.</i> Creation, Study and Prospects for the Use of Bioresource Collections of the Genus <i>Betula</i> L.	133
<i>Kamarova K.A.</i> Class 1 Reversibly Glycosylated Polypeptides Suppress Local Transport and Reproduction of Tobacco Mosaic Virus in <i>Nicotiana benthamiana</i>	135
<i>Kibalnik O.P.</i> A Study of the Influence of A3, A4, 9E Types of Sterile Cytoplasm in the System of Test Crosses of Sugar Sorghum	137
<i>Kostylev P.I.</i> A New Gene Pool of Rice Resistant to Prolonged Immersion in Water	139
<i>Kuzmenko N.V., Murugova G.A.</i> Studies of the VIR Collection of Spring Barley for the Use in Breeding Under Conditions of Primorsky Krai	142
<i>Manukyan I.R., Tsvetkova Yu.V.</i> Diversity of <i>Fusarium</i> Fungi Species on Grain Crops Under Conditions of the Central Caucasus Foothill Zone	144
<i>Mironenko N.V., Kovalenko N.M., Baranova O.A., Mitrofanova O.P.</i> Evaluation of Winter Bread Wheat Landraces from the VIR Collection for Tan Spot Resistance	146
<i>Rekoslavskaya N.I., Kopytina T.V.</i> Specific Functions of Racemases and L- and D-Amino Acid Oxidases in Carcinogenesis in Plants and Mammals	148
<i>Rozanova I.V.</i> Analysis of Loci Associated with Grain Productivity Traits in Barley (<i>Hordeum vulgare</i>) Varieties from the Siberian Collection	150
<i>Sadikov A.T.</i> Determination Potential of Productivity Traits in Cotton Varieties Studied as Breeding Material	152
<i>Sadikov A.T.</i> The Study and Selection of Valuable Cotton Varieties from the Cotton Collection as the Main Fundamental Achievement of Breeding Research	154
<i>Ulanov A.K.</i> Spring Rye as the Most Important Insurance Crop in Buryatia	157
<i>Tsygankov V.I., Tsygankov A.V., Kalybekova Zh.T., Shaminov T.S., Tsygankova N.V.</i> The Use of the Potential of Spring Wheat Genetic Resources in Breeding for Adaptability, Drought Resistance, and Grain Quality for the Conditions of Western Kazakhstan	159
<i>Chikida N.N.</i> Genetic Potential of Diploid Species <i>Aegilops caudata</i> and <i>Aegilops umbellulata</i> Zhuk. for Expanding the Gene Pool of the Genus <i>Triticum</i> L.	161
<i>Elkonin L.A.</i> Identification of Molecular Markers Associated with Fertility Restoring Genes for 9E-Type CMS of Sorghum (<i>Sorghum bicolor</i> (L.) Moench), and Their Variation Under the Environmental Influence	163
POSTER SESSION. SECTION 3	165
<i>Antonov A.A., Klimenko I.A.</i> The Use of SSR and SPAR Markers for Evaluating Genetic Variability in Common Vetch and Hairy Vetch Accessions	166
<i>Erastenkova M.V., Tikhonova N.G., Khokhlenko A.A., Kislin E.N., Ukhatova Yu.V.</i> A Study of Molecular Mechanisms of Response to Low Temperature Stress in <i>Vitis vinifera</i> L.	169
<i>Ermoshin A.A., Teptina A.Yu.</i> Hyperaccumulator Plants in the Urals and Their Accumulation Potential	171
<i>Kovalenko T.V., Novikova L.Yu., Ukhatova Yu.V.</i> Evaluation of Callus Formation Efficiency in Grape Accessions	174
<i>Mavlyutova L.J., Elkonin L.A., Kolesova A.Yu., Panin V.M., Tsvetova M.I.</i> Chromosome Elimination as a Mechanism For the Appearance of Diploids in the Progeny of Maize Line with Apomixis Components Pollinated by Tetraploids	175
<i>Plyushch O.V., Fil I.V.</i> Prevalence of Pepper Diseases in the Foothill Zone of Adygea	177
<i>Suprun I.I., Al-Nakib E.A., Stepanov I.V., Tokmakov S.V.</i> SSR Fingerprinting and Analysis of Genetic Relationships of Walnut Breeding Forms at the North Caucasus FSC of Horticulture, Viriculture, Winemaking	179
<i>Fil I.V.</i> Oat Assessment for Damage by Winter Low Temperatures in the Northwest Caucasus Foothill Zone	180
<i>Sherstobitov V.V., Kolesova M.A.</i> Resistance of European Plum to Fungal Diseases in the Conditions of the Foothill Zone in Adygea	182
ROUNDTABLE DEVOTED TO THE ANNIVERSARY OF LYUDMILA I. KOSTINA	184
<i>Rogozina E.V.</i> The Life's Work: a Glorious Way from Graduate Student to Doctor of Biological Sciences, Honorary Professor of VIR: to the 90th Anniversary of Lyudmila Ilyinichna Kostina	185

<i>Rogozina E.V.</i> Classification and Study of Potato Varieties in the VIR Collection: to the 90th Anniversary of Lyudmila Ilyinichna Kostina	187
Congratulations on the 90th Anniversary of L.I. Kostina	189
CLOSING OF THE CONFERENCE	192
<i>Loskutov I.G., Suprun I.I., Tsoi M.F., Zhidekhina T.V., Kulyan R.V., Evdokimenko S.N., Ukhatova Yu.V., Khlestkina E.K.</i> Development Prospects of the National Network Collection of Plant Genetic Resources	193
<i>Alphabetical index of abstract authors</i>	195



ПРОГРАММА
Всероссийской научной конференции
«Генетические ресурсы растений для генетических
технологий»

PROGRAM
of the All-Russian Scientific and Practical Conference
“Plant Genetic Resources for Genetic Technologies”

в рамках соглашения
№ 075-15-2021-1050
(от 28.09.2021)





ОРГАНИЗАЦИОННЫЙ КОМИТЕТ

Всероссийской научной конференции
«Генетические ресурсы растений для генетических технологий»
Санкт-Петербург, 26–27 июня 2023 г.

Лоскутов Игорь Градиславович, доктор биологических наук, профессор, главный научный сотрудник отдела генетических ресурсов овса, ржи, ячменя, заведующий лабораторией «Национальный цифровой генбанк», Федеральный исследовательский центр Всероссийский институт генетических ресурсов растений имени Н.И. Вавилова, Санкт-Петербург, Россия

Тихонова Надежда Геннадьевна, кандидат биологических наук, старший научный сотрудник отдела генетических ресурсов плодовых и ягодных культур, Федеральный исследовательский центр Всероссийский институт генетических ресурсов растений имени Н.И. Вавилова, Санкт-Петербург, Россия

Чухина Ирена Георгиевна, кандидат биологических наук, ведущий научный сотрудник отдела агроботаники и *in situ* сохранения генетических ресурсов растений, Федеральный исследовательский центр Всероссийский институт генетических ресурсов растений имени Н.И. Вавилова, Санкт-Петербург, Россия

Новикова Любовь Юрьевна, доктор сельскохозяйственных наук, ведущий научный сотрудник отдела автоматизированных информационных систем генетических ресурсов растений, Федеральный исследовательский центр Всероссийский институт генетических ресурсов растений имени Н.И. Вавилова, Санкт-Петербург, Россия

Антонова Ольга Юрьевна, кандидат биологических наук, заведующий лабораторией молекулярной селекции и ДНК-паспортизации, Федеральный исследовательский центр Всероссийский институт генетических ресурсов растений имени Н.И. Вавилова, Санкт-Петербург, Россия

Конарев Алексей Васильевич, доктор биологических наук, профессор, главный научный сотрудник отдела биохимии и молекулярной биологии, Федеральный исследовательский центр Всероссийский институт генетических ресурсов растений имени Н.И. Вавилова, Санкт-Петербург, Россия

Рогозина Елена Вячеславовна, доктор биологических наук, ведущий научный сотрудник отдела генетических ресурсов картофеля, Федеральный исследовательский центр Всероссийский институт генетических ресурсов растений имени Н.И. Вавилова, Санкт-Петербург, Россия

Заварзин Алексей Алексеевич, кандидат биологических наук, заместитель директора по научно-организационной работе, Федеральный исследовательский центр Всероссийский институт генетических ресурсов растений имени Н.И. Вавилова, Санкт-Петербург, Россия

Ухатова Юлия Васильевна, кандидат биологических наук, заместитель директора по научно-организационной работе, Федеральный исследовательский центр Всероссийский институт генетических ресурсов растений имени Н.И. Вавилова, Санкт-Петербург, Россия

Чернышева Оксана Александровна, советник директора, Федеральный исследовательский центр Всероссийский институт генетических ресурсов растений имени Н.И. Вавилова, Санкт-Петербург, Россия

Ефремова Ольга Сергеевна, кандидат сельскохозяйственных наук, ученый секретарь, Федеральный исследовательский центр Всероссийский институт генетических ресурсов растений имени Н.И. Вавилова, Санкт-Петербург, Россия

Леншин Александр Анатольевич, заведующий учебно-методическим кабинетом, Федеральный исследовательский центр Всероссийский институт генетических ресурсов растений имени Н.И. Вавилова, Санкт-Петербург, Россия

Котелкина Ирина Викторовна, начальник библиотечно-издательского отдела, Федеральный исследовательский центр Всероссийский институт генетических ресурсов растений имени Н.И. Вавилова, Санкт-Петербург, Россия

Трофимова Вероника Юрьевна, ведущий специалист отдела управления проектами, Федеральный исследовательский центр Всероссийский институт генетических ресурсов растений имени Н.И. Вавилова, Санкт-Петербург, Россия

ОСНОВНЫЕ СПОНСОРЫ КОНФЕРЕНЦИИ



ООО «Компания Хеликон» с 1997 года оказывает комплекс услуг и сопровождает клиентов на всех этапах оснащения лабораторий молекулярной и клеточной биологии, ветеринарии, пищевой безопасности, криминалистики, клинической диагностики. Компания помогает в проектировании, подбирает и доставляет необходимую продукцию, проводит пусконаладку оборудования, обучает персонал на местах, обеспечивает квалифицированное сервисное обслуживание. Развитая логистическая и складская сеть позволяет доставлять товар в кратчайшие сроки. Для своих ключевых клиентов компания предоставляет возможность тестирования продукции до принятия решения о покупке. «Компания Хеликон» также имеет собственную производственную базу и выпускает лабораторное оборудование, расходные материалы и мебель под торговой маркой Helicon.



Компания ООО «ПРОФИЛАБ» была создана командой профессионалов, имеющих опыт работы в комплексном оснащении лабораторий различного профиля. На сегодняшний день ООО «ПРОФИЛАБ» представляет продукцию компаний BioRad, Biomerieux, Yancheng, HiMedia и др. Компания «ПРОФИЛАБ» регулярно участвует в федеральных целевых программах и тендерах по оснащению учреждений здравоохранения лабораторным оборудованием и расходными реагентами. За последние годы компанией реализованы крупные проекты по оснащению лабораторий лечебных учреждений Северо-Запада России.



Brabender® – немецкая компания со 100-летней историей инноваций, которая является разработчиком, производителем и поставщиком высококачественных лабораторных решений для проведения исследований и комплексного контроля качества широкого спектра пищевых продуктов. Являясь постоянным партнером научных институтов, компания вносит большой вклад в развитие агроботехнологий.



ПРОГРАММА
Всероссийской научной конференции
«Генетические ресурсы растений для генетических технологий»
Санкт-Петербург, 26–27 июня 2023 г.

АРХИТЕКТУРА ПРОГРАММЫ

Время	Место	Мероприятие
26 июня		
8:30 – 9:00	Холл здания, Большая Морская, 44	Регистрация участников
9:00 – 13:00	Помпейский зал, Большая Морская, 44	Открытие конференции. Выступления в рамках направлений 1 и 2
9:00 – 17:00	Холл у кабинета Н.И. Вавилова, Большая Морская, 44	Постерная сессия
14:20 – 15:30	По выбору	Обед
15:30 – 18:00	Розовый зал, Большая Морская, 44	Круглый стол по биохимическим исследованиям: к юбилею А.В. Конарева
27 июня		
9:00 – 13:30	Помпейский зал, Большая Морская, 44	Выступления в рамках направления 3
9:00 – 17:00	Холл у кабинета Н.И. Вавилова, Большая Морская, 44	Постерная сессия
13:30 – 14:30	По выбору	Обед
14:30 – 17:30	Розовый зал, Большая Морская, 44	Круглый стол к юбилею Л.И. Костиной
17:30 – 18:30	Помпейский зал, Большая Морская, 44	Торжественное закрытие конференции

в рамках соглашения
№ 075-15-2021-1050
(от 28.09.2021)



26 июня 2023 г.

Помпейский зал

Модераторы: И.Г. Лоскутов, Ю.В. Ухатова

9:00 – 9:10. Открытие конференции

9:10 – 9:30. *Лоскутов Игорь Градиславович*, доктор биологических наук, профессор, главный научный сотрудник отдела генетических ресурсов овса, ржи, ячменя, заведующий лабораторией «Национальный цифровой генбанк», Федеральный исследовательский центр Всероссийский институт генетических ресурсов растений имени Н.И. Вавилова, Санкт-Петербург, Россия. **Основные направления деятельности национальной сетевой коллекции генетических ресурсов растений в сфере генетических технологий**

9:30 – 09:45. *Токмаков Сергей Вячеславович*, кандидат биологических наук, заведующий селекционно-биотехнологической лабораторией, Северо-Кавказский федеральный научный центр садоводства, виноградарства, виноделия, Краснодар, Россия. **Применение микросателлитных ДНК-маркеров для анализа генетического разнообразия плодовых культур**

9:45 – 10:00. *Должикова Мария Александровна*, младший научный сотрудник, Всероссийский научно-исследовательский институт селекции плодовых культур, Орел, Россия. **Генетическая паспортизация ягодных культур**

10:00 – 10:15. *Павленко Анна Андреевна*, младший научный сотрудник, Всероссийский научно-исследовательский институт селекции плодовых культур, Орел, Россия. **Генетическая паспортизация груши (*Pyrus*) из биоресурсной коллекции ВНИИСПК**

10:15 – 10:30. *Подгаецкий Максим Александрович*, кандидат сельскохозяйственных наук, старший научный сотрудник, Федеральный научный селекционно-технологический центр садоводства и питомниководства, Москва, Россия. **Генетическая коллекция *Rubus idaeus* L. ФНЦ садоводства и использование ее в селекции**

10:30 – 10:45. *Камнев Антон Михайлович*, младший научный сотрудник, лаборатория молекулярной селекции и ДНК-паспортизации отдела биотехнологии, Федеральный исследовательский центр Всероссийский институт генетических ресурсов растений имени Н.И. Вавилова, Санкт-Петербург, Россия. **Генотипирование сортов малины алтайской селекции при помощи SSR-маркеров**

10:45 – 11:00. Кофе-брейк

Секция 1: Сохранение коллекций генетических ресурсов растений

Секция 2: Изучение генетических ресурсов растений

Модераторы: Л.Ю. Новикова, О.Ю. Антонова

11:00 – 11:20. *Новикова Любовь Юрьевна*, доктор сельскохозяйственных наук, ведущий научный сотрудник отдела автоматизированных информационных систем генетических ресурсов растений, Федеральный исследовательский центр Всероссийский институт генетических ресурсов растений имени Н.И. Вавилова, Санкт-Петербург, Россия. **Создание дата-платформы ГРР России**

11:20 – 11:40. *Вишнякова Маргарита Афанасьевна*, доктор биологических наук, профессор, заведующий отделом генетических ресурсов зернобобовых культур, Федеральный исследовательский центр Всероссийский институт генетических ресурсов растений имени Н.И. Вавилова, Санкт-Петербург, Россия. **Коллекция люпина узколистного ВИР как зеркало доместики вида**

11:40 – 11:55. *Горпенченко Татьяна Юрьевна*, кандидат биологических наук, заведующий лаборатории клеточной биологии и биологии развития, Федеральный научный центр биоразнообразия наземной биоты Восточной Азии Дальневосточного отделения Российской академии наук, Владивосток. **Дальневосточная коллекция культур клеток высших растений**

11:55 – 12:10. *Кулешов Александр Сергеевич*, младший научный сотрудник, Федеральный исследовательский центр «Субтропический научный центр Российской академии наук», Сочи, Россия. **Представители рода *Citrus* L. для декоративного и любительского садоводства** (дистанционный доклад)

12:10 – 12:25. *Харченко Анастасия Анатольевна*, младший научный сотрудник лаборатории генетики, селекции и биотехнологии декоративных и ягодных культур, Федеральный исследовательский центр Всероссийский институт генетических ресурсов растений имени Н.И. Вавилова, Санкт-Петербург, Россия. **Дифференциация сортов земляники по зимостойкости в контролируемых условиях**

12:25 – 12:40. Кофе-брейк

12:40 – 12:55. *Лангаева Наталья Николаевна*, младший научный сотрудник, Главный ботанический сад им. Н.В. Цицина Российской академии наук, Москва, Россия. **Оценка коллекции озимой тритикале на низкостебельность в условиях Центрального региона нечерноземной зоны России**

12:55 – 13:10. *Киселева Ирина Сергеевна*, кандидат биологических наук, заведующий кафедрой экспериментальной биологии и биотехнологий, Институт естественных наук и математики; руководитель Центра фундаментальной биотехнологии и биоинженерии, Уральский федеральный университет, Екатеринбург, Россия. **Изменения фотосинтетического аппарата, устойчивости к обезвоживанию и белкового профиля зерна у предковых и современных форм пшениц**

13:10 – 13:25. *Нековаль Светлана Николаевна*, кандидат биологических наук, заведующий лабораторией биорациональных средств и технологий защиты растений для ведения экологизированного, ресурсосберегающего и органического сельского хозяйства, ведущий научный сотрудник, Федеральный научный центр биологической защиты растений, Краснодар, Россия. **Комплексная оценка генетической коллекции томата и отбор линий устойчивых к основным вредным объектам в условиях Краснодарского края**

13:25 – 13:40. *Чурикова Арина Константиновна*, научный сотрудник лаборатории биорациональных средств и технологий защиты растений для ведения экологизированного, ресурсосберегающего и органического сельского хозяйства, Федеральный научный центр биологической защиты растений, Краснодар, Россия. **Выявление мутантных форм томата, устойчивых к *Meloidogyne spp.***

13:40 – 13:55. *Шабоян Гаяне Геворговна*, младший научный сотрудник, Научный центр овощебахчевых и технических культур Министерства сельского хозяйства Армении, Республика Армения. **Результаты исследования чечевицы в Армении** (дистанционный доклад)

13:50 – 14:20. Постерная сессия.

14:20 – 15:30. Обед

15:30 – 18:00. Круглый стол о биохимических исследованиях: (к юбилею А.В. Конарева)

Круглый стол о биохимических исследованиях

Помпейский зал, 15:30 – 18:00

Модераторы: Т.В. Шеленга, А.Е. Соловьева

Конарев Алексей Васильевич, доктор биологических наук, профессор, главный научный сотрудник отдела биохимии и молекулярной биологии, Федеральный исследовательский центр Всероссийский институт генетических ресурсов растений имени Н.И. Вавилова, Санкт-Петербург, Россия. **Основные принципы организации биохимических и молекулярно-биологических исследований генетического разнообразия культурных растений в ВИР**

Шеленга Татьяна Васильевна, кандидат биологических наук, ведущий научный сотрудник отдела биохимии и молекулярной биологии, Федеральный исследовательский центр Всероссийский институт генетических ресурсов растений имени Н.И. Вавилова, Санкт-Петербург, Россия. **Вклад отдела биохимии и молекулярной биологии в научный потенциал ВИР. Значение методов скрининга в изучении коллекции. Роль биохимии в повышении эффективности использования ресурсов масличных и прядильных культур**

Попов Виталий Сергеевич, кандидат биологических наук, старший научный сотрудник отдела биохимии и молекулярной биологии, Федеральный исследовательский центр Всероссийский институт генетических ресурсов растений имени Н.И. Вавилова, Санкт-Петербург, Россия. **Современные аспекты биохимического изучения коллекций плодово-ягодных и зерновых культур ВИР**

Соловьева Алла Евгеньевна, кандидат биологических наук, старший научный сотрудник отдела биохимии и молекулярной биологии, Федеральный исследовательский центр Всероссийский институт генетических ресурсов растений имени Н.И. Вавилова, Санкт-Петербург, Россия. **Современные аспекты биохимического изучения коллекций овощных культур и картофеля ВИР**

Перчук Ирина Николаевна, кандидат биологических наук, старший научный сотрудник отдела биохимии и молекулярной биологии, Федеральный исследовательский центр Всероссийский институт генетических ресурсов растений имени Н.И. Вавилова, Санкт-Петербург, Россия. **Метод газовой хроматографии с масс-спектрометрией в изучении питательной ценности представителей рода *Vigna Savi***

Егги Элли Эвартовна, кандидат биологических наук, ведущий специалист отдела биохимии и молекулярной биологии, Федеральный исследовательский центр Всероссийский институт генетических ресурсов растений имени Н.И. Вавилова, Санкт-Петербург, Россия. **Использование метода SDS-электрофореза в селекционном процессе, в контроле за качеством семенной продукции, в поддержании семенных коллекций (бобовых и других двудольных культур)**

Секция 3: Прикладные исследования генетических ресурсов растений

Помпейский зал

Модераторы: Л.А. Эльконин, Н.В. Мироненко

9:00 – 9:20. *Эльконин Лев Александрович*, доктор биологических наук, главный научный сотрудник отдела биотехнологии, Федеральный аграрный научный центр Юго-Востока, Саратов, Россия. **Идентификация молекулярных маркеров, ассоциированных с геном-восстановителем ЦМС типа 9E сорго (*Sorghum bicolor* (L.) Moench), и их изменчивость под влиянием внешней среды**

9:20 – 9:40. *Мироненко Нина Васильевна*, доктор биологических наук, ведущий научный сотрудник, Всероссийский научно-исследовательский институт защиты растений, Санкт-Петербург, Россия. **Оценка стародавних сортов озимой мягкой пшеницы из коллекции ВИР на устойчивость к желтой пятнистости**

9:40 – 9:55. *Розанова Ирина Вениаминовна*, кандидат биологических наук, научный сотрудник лаборатории постгеномных исследований, Федеральный исследовательский центр Всероссийский институт генетических ресурсов растений имени Н.И. Вавилова, Санкт-Петербург, Россия. **Анализ локусов, ассоциированных с признаками продуктивности сортов ячменя (*Hordeum vulgare*) из сибирской коллекции**

9:55 – 10:10. *Кибальник Оксана Павловна*, кандидат биологических наук, главный научный сотрудник отдела селекции сорговых культур, Российский научно-исследовательский и проектно-технологический институт сорго и кукурузы, Саратов, Россия. **Изучение влияния А3, А4, 9E типов стерильных цитоплазм в системе тестерных скрещиваний сахарного сорго**

10:10 – 10:25. *Дудников Максим Васильевич*, кандидат биологических наук, заместитель директора по образовательной и инновационной деятельности, научный сотрудник лаборатории маркерной и геномной селекции растений, Всероссийский научно-исследовательский институт сельскохозяйственной биотехнологии, Московский физико-технический институт (национальный исследовательский университет), Москва, Россия. **Разработка технологии массового генотипирования подсолнечника с помощью секвенирования ампликонов *Oxford nanopore***

10:25 – 10:40. *Костылев Павел Иванович*, доктор сельскохозяйственных наук, профессор, руководитель центра фундаментальных научных исследований, Аграрный научный центр

«Донской», Зерноград, Россия. **Новый генофонд риса, устойчивого к длительному погружению в воду**

10:35 – 10:50. Чикида Надежда Николаевна, кандидат сельскохозяйственных наук, ведущий научный сотрудник отдела генетических ресурсов пшеницы, Федеральный исследовательский центр Всероссийский институт генетических ресурсов растений имени Н.И. Вавилова, Санкт-Петербург, Россия. **Диплоидные виды *Aegilops caudata* и *Aegilops umbellulata* Zhuk. как генетический потенциал для расширения генофонда рода *Triticum* L.**

10:50 – 11:10. Кофе-брейк

11:10 – 11:25. *Дроботова Диана Юрьевна*, кандидат биологических наук, руководитель направления «Агрогеномика», ООО «Компания Хеликон», Москва, Россия. **Возможности NGS в геномной селекции растений**

11:25 – 11:40. *Кузьменко Наталья Викторовна*, младший научный сотрудник лаборатории селекции зерновых и крупяных культур, Федеральный научный центр агробиотехнологий Дальнего Востока им. А.К. Чайки, Уссурийск, Россия. **Исходный материал коллекции ВИР для селекции ярового ячменя в условиях Приморского края**

11:40 – 11:55. *Камарова Камила Альбертовна*, научный сотрудник, Институт общей генетики им. Н.И. Вавилова Российской академии наук, Москва, Россия. **Обратимо гликозилируемые полипептиды класса 1 подавляют ближний транспорт и репродукцию вируса табачной мозаики у *Nicotiana benthamiana***

11:55 – 12:10. *Ершова Наталья Михайловна*, научный сотрудник, Институт общей генетики им. Н.И. Вавилова Российской академии наук, Москва, Россия. **Гомолог ингибитора пептидазы Кунитца *Nicotiana benthamiana* повышает чувствительность растений к вирусу табачной мозаики**

12:10 – 12:25. *Андрианов Андрей Денисович*, кандидат сельскохозяйственных наук, Башкирский государственный аграрный университет, Уфа, Россия. **Генетические, ботанические, географические, физиологические, биохимические и агротехнические основы селекции картофеля**

12:25 – 12:40. *Исаков Игорь Юрьевич*, кандидат сельскохозяйственных наук, доцент кафедры лесных культур, селекции и лесомелиорации, Воронежский государственный лесотехнический университет им. Г.Ф. Морозова, Воронеж, Россия. **Создание, изучение и перспективы использования биоресурсных коллекций рода *Betula* L.**

12:40 – 12:55. *Барабанов Иван Владимирович*, младший научный сотрудник лаборатории генетики, селекции и биотехнологии декоративных и ягодных культур, Федеральный исследовательский центр Всероссийский институт генетических ресурсов растений имени Н.И. Вавилова, Санкт-Петербург, Россия. **Индукция каллусогенеза у растений львиного зева коллекции ВИР**

12:55 – 13:10. *Лыжин Александр Сергеевич*, кандидат биологических наук, ведущий научный сотрудник, Федеральный научный центр имени И.В. Мичурина. **Молекулярное маркирование в генетических исследованиях и селекции земляники садовой**

13:10 – 13:35. Общая дискуссия. Подведение итогов постерной сессии

13:30 – 14:30. Обед

14:30 – 17:30. Круглый стол к юбилею Л.И. Костиной

Круглый стол к юбилею Л.И. Костиной

Розовый зал

Модераторы: Е.В. Рогозина, С.Д. Киру

Киру Степан Димитрович, доктор сельскохозяйственных наук, профессор кафедры растениеводства им. И.А. Стебута, Санкт-Петербургский государственный аграрный университет, Санкт-Петербург, Россия. **Л.И. Костина – ведущий ученый и наставник по изучению, сохранению и использованию в селекции генофонда картофеля России**

Сташевски Зенон, кандидат биологических наук, руководитель Селекционно-семеноводческого центра по созданию сортов картофеля, Татарский научно-исследовательский институт сельского хозяйства, Федеральный исследовательский центр Казанского научного центра Российской

академии наук, Казань, Россия. **Селекция и семеноводство картофеля в Республике Татарстан** (дистанционный доклад)

Рогозина Елена Вячеславовна, доктор биологических наук, ведущий научный сотрудник отдела генетических ресурсов картофеля, Федеральный исследовательский центр Всероссийский институт генетических ресурсов растений имени Н.И. Вавилова, Санкт-Петербург, Россия.

Классификация и изучение селекционных и аборигенных сортов картофеля в коллекции ВИР

Чичерина Светлана Юрьевна, Тищенко Галина Васильевна, Магаданский научно-исследовательский институт сельского хозяйства, Магадан, Россия. **Особенности селекции картофеля Магаданской области** (дистанционный доклад)

Косарева Ольга Сергеевна, кандидат биологических наук, старший научный сотрудник отдела генетических ресурсов картофеля, Федеральный исследовательский центр Всероссийский институт генетических ресурсов растений имени Н.И. Вавилова, Санкт-Петербург, Россия.

Исходный материал для селекции картофеля на основе генеалогии

Константинова Светлана Петровна, научный сотрудник, группа селекции и семеноводства картофеля, Чувашский научно-исследовательский институт сельского хозяйства – филиал ФАНЦ Северо-Востока, Федеральный аграрный научный центр Северо-Востока им. Н.В. Рудницкого, Чувашская Республика, Россия. **Экологические испытания картофеля Чувашского НИИСХ – филиала ФГБНУ ФАНЦ Северо-Востока** (дистанционный доклад)

Антонова Ольга Юрьевна, кандидат биологических наук, заведующий лабораторией молекулярной селекции и ДНК-паспортизации, Федеральный исследовательский центр Всероссийский институт генетических ресурсов растений имени Н.И. Вавилова, Санкт-Петербург, Россия; содокладчики сотрудники ВИР, Санкт-Петербург, Россия: (*Клименко*

Наталья Станиславовна, кандидат биологических наук, отдел биотехнологии; *Рыбаков Даниил Александрович*, младший научный сотрудник отдела биотехнологии; *Костина Людмила Ильинична*, доктор биологических наук, главный научный сотрудник отдела генетических

ресурсов картофеля; *Гавриленко Татьяна Андреевна*, доктор биологических наук, профессор, главный научный сотрудник, заведующая отделом биотехнологии). **Изучение генетического разнообразия отечественных сортов картофеля**

17:30 – 18:30. Закрытие конференции.

26 июня 2023 г.

Постерная сессия

Секция 2

Башко Д.В., Козлов В.А., Русецкий Н.В., Чашинский А.В., Михалькович И.А., Семанюк Т.В. Молекулярный анализ перспективных межвидовых гибридов картофеля на устойчивость к фитопатогенам

Шешукова Е.В., Ершова Н.М., Камарова К.А., Комарова Т.В. Метанол-индуцируемый ген *Nicotiana benthamiana* кодирует белок, ассоциированный с ядрышком растительной клетки

Саенко К.Ю., Дудников М.В. Молекулярное изучение генетического разнообразия сортов и линий рода \times *Triticosecale* Wittm. ex A. Camus на наличие генов устойчивости к возбудителю стеблевой ржавчины

Радченко Е.Е., Акимова Д.Е., Звейнек И.А. Устойчивость образцов ячменя из азиатской части России к обыкновенной злаковой тле

Крылова Е.А., Кондратьева А.В. Индукция каллуса у образцов вигны (*Vigna unguiculata* (L.) Walp.) из коллекции ВИР

Гуркина М.В., Крылова Е.А., Бурляева М.О. Исходный материал для создания конвейера сортов овощной вигны

Слободкина А.А., Матвеева Т.В., Павлов А.В., Брач Н.Б., Швачко Н.А., Семилет Т.В., Михайлова А.С., Кутузова С.Н., Пороховинова Е.А. Различия между аллелями гена *M1* устойчивости льна (*Linum usitatissimum* L.) к ржавчине (*Melampsora lini* (Pers.) Lev.)

Таловина Г.В., Тихонова О.А., Коробкова Т.С., Николин Е.Г., Пикула К.С. Генетические ресурсы дикорастущих видов смородины (*Ribes L.*) на территории Республики Саха (Якутия)
Макаев А.К., Антонова О.Ю. Опыт генотипирования коллекции косточковых культур Майкопской опытной станции – филиала ВИР
Андреева А.С., Анисимова И.Н., Ляпунова О.А. Аллельное разнообразие генов, контролирующих скорость развития у образцов твердой пшеницы из коллекции ВИР
Заварихина Е.А., Алпатьева Н.В., Rogozina E.B. ДНК-маркеры *Rpi*-генов в потомстве сложных межвидовых гибридов картофеля

27 июня 2023 г.

Постерная сессия

Секция 3

Антонов А.А., Клименко И.А. Использование SSR- и SRAP-маркеров для оценки генетических вариаций в коллекции образцов вики посевной и мохнатой
Мавлютова Л.И., Эльконин Л.А., Колесова А.Ю., Панин В.М., Цветова М.И. Элиминация хромосом как механизм возникновения диплоидов в потомстве линий кукурузы с элементами апомиксиса при их опылении тетраплоидами
Ермошин А.А., Тетина А.Ю. Растения-гипераккумуляторы на Урале и их аккумуляционный потенциал
Коваленко Т.В., Новикова Л.Ю., Ухатова Ю.В. Оценка эффективности каллусообразования образцов винограда
Ерастенкова М.В., Тихонова Н.Г., Хохленко А.А., Кислин Е.Н., Ухатова Ю.В. Изучение молекулярных механизмов ответа на низкотемпературный стресс у *Vitis vinifera L.*
Супрун И.И., Аль-Накиб Е.А., Степанов И.В., Токмаков С.В. SSR-фингерпринтинг и анализ генетических взаимосвязей селекционных форм ореха грецкого ФГБНУ СКФНЦСВВ
Шерстобитов В.В., Колесова М.А. Устойчивость сливы домашней к грибным болезням в условиях предгорной зоны Адыгеи
Плющ О.В., Филь И.В. Распространенность болезней перца в предгорной зоне Адыгеи
Филь И.В. Оценка овса на повреждаемость низкими зимними температурами в условиях предгорной зоны Северо-Западного Кавказа

Более подробную информацию о конференции можно получить на сайте: <https://www.vir.nw.ru/blog/2023/03/09/brk2023/>;
http://www.vir.nw.ru/wp-content/uploads/2023/03/PROGRAMMA_26.062023_final.pdf



ПЛЕНАРНОЕ ЗАСЕДАНИЕ

PLENARY SESSION

в рамках соглашения
№ 075-15-2021-1050
(от 28.09.2021)



ВСТУПИТЕЛЬНОЕ СЛОВО

Дорогие друзья! Уважаемые коллеги!

Приветствую участников Всероссийской научной конференции «Генетические ресурсы растений для генетических технологий», проходящей в рамках Второго научного Форума «Генетические ресурсы России».

Коллекции генетических ресурсов растений являются не только основой продовольственной безопасности, но и служат импульсом для развития новых технологий. Так, современные генетические технологии – подходы, позволяющие целенаправленно изменять аллельные варианты генов, ускоряя тем самым улучшение генотипов сортов культурных растений, базируются на знаниях, извлеченных благодаря изучению генетического разнообразия, – скрытого в биоресурсных коллекциях. Новый этап изучения и новые методические подходы к использованию генетических ресурсов растений определяют новый функционал работы с коллекциями. Вопросам сохранения, изучения и использования генетических ресурсов на современном технологическом этапе развития и посвящена научная конференция «Генетические ресурсы растений для генетических технологий».



В рамках мероприятия работали 3 секции: «Сохранение коллекций генетических ресурсов растений», «Изучение генетических ресурсов растений», «Прикладные исследования генетических ресурсов растений», были проведены круглые столы: Круглый стол о биохимических исследованиях; Круглый стол к юбилею Л.И. Костиной.

Участники нашей конференции – представители более чем 30 научных организаций и вузов из России, Беларуси, Армении, Таджикистана и Казахстана. Разнообразие докладов участников Конференции, их высокий научный уровень и неподдельный интерес к тематикам, представленным на Конференции, дает основание считать, что проводимое научное мероприятие может стать регулярной площадкой для взаимного обогащения ее участников и возникновения новых творческих идей, реализация которых позволит эффективно раскрывать и использовать потенциал коллекций генетических ресурсов растений.

**Директор ВИР,
доктор биологических наук, профессор РАН
Елена Константиновна Хлесткина**

ГЕНЕТИЧЕСКАЯ ПАСПОРТИЗАЦИЯ ЯГОДНЫХ КУЛЬТУР

М.А. Должикова, А.В. Пикунова, А.А. Павленко

Всероссийский научно-исследовательский институт селекции плодовых культур,
Орел, Россия, e-mail: dolzhikova@orel.vniispk.ru

GENETIC CERTIFICATION OF BERRY CROPS

M.A. Dolzhikova, A.V. Pikunova, A.A. Pavlenko

Russian Research Institute of Fruit Crop Breeding, Orel, Russia,
e-mail: dolzhikova@orel.vniispk.ru

Ягодные культуры, такие как смородина, крыжовник, ежевика и малина выращиваются практически во всех регионах России. Их плоды богаты биологически активными веществами, сахарами, органическими кислотами, которые имеют большую питательную ценность для организма человека.

При работе с генофондом ягодных культур важной частью селекционной работы является изучение генетического разнообразия сортов, составление генетических паспортов. Для идентификации сортов используются количественные и качественные признаки. Однако данные признаки зависят от внешних факторов. В результате возникают сложности в идентификации. В связи с этим наиболее эффективной системой маркирования сортов является генетическая идентификация сорта, представляющая собой метод получения генетически детерминированных характеристик с помощью молекулярных маркеров.

Проведение генетической паспортизации селекционных достижений является актуальной задачей современных исследований. Она необходима для хранения, сертификации, идентификации и регистрации генетических ресурсов растений.

Для изучения ягодных культур первые микросателлитные маркеры были разработаны шотландскими учеными (Brennan et al., 2002).

Мы работаем над составлением генетических паспортов ягодных культур (смородина, малина, ежевика и крыжовник).

Ранее в наших исследованиях было проанализировано 127 сортов смородины биоресурсной коллекции ВНИИСПК по полиморфизму микросателлитных локусов (URL: https://drive.google.com/file/d/1oXVSExtHPXJbWON-T3Y_Ke1_M2ZQTwf-/view), что послужило основой для разработки и составления генетических паспортов изучаемых сортов. Нами были составлены генетические паспорта для сортов малины (Анурова и др., 2019) и начата работа по составлению генетических паспортов ежевики (неопубликованные данные).

Цель данных исследований – составить генетические паспорта смородины и крыжовника биоресурсной коллекции ВНИИСПК на основании полиморфизма микросателлитных локусов.

ДНК выделяли из молодых листьев СТАВ-методом (Doyle J.J., Doyle J.L., 1990). Полимеразно-цепную реакцию проводили в реакционной смеси объемом 20 мкл (1хПЦР буферный раствор, 200 мкМ нуклеотидов по 2 мкМ прямого и обратного праймера, 0,3 ед. Taq ДНК-полимеразы и 10 нг ДНК). Реакция амплификации: предварительная денатурация – 5 мин при 95°C; денатурация – 30 с при 95°C; отжиг праймера (температура специфична для каждой пары праймеров) – 30 с; синтез ДНК – 30 с при 72°C (30 циклов); элонгация – 10 мин при 72°C. Фрагменты разделяли на приборе ABI prism Genetic Analyzer 3010.

В данных исследованиях были проанализированы: 6 сортов смородины черной ('Августинка', 'Ладушка', 'Ника', 'Смольяниновская', 'Черная Вуаль', 'Черноокая'),

3 сорта смородины красной ('Белка', 'Памятная', 'Новая Красная') и сорт крыжовника 'Юпитер'.

Генотипы изучаемых сортов проанализированы по 12 микросателлитным локусам.

В большинстве случаев на ДНК каждого сортообразца в конкретном локусе амплифицировалось не более двух фрагментов, но в некоторых локусах амплифицировалось три. Для всех проанализированных сортообразцов получены микросателлитные профили с уникальными сочетаниями аллелей (таблица). Для данных сортов были составлены генетические паспорта на основании полиморфизма исследуемых микросателлитных локусов.

Таблица 1. Генетические паспорта сортов крыжовника и смородины

Локус Сорт	g1-K04	g1-M07	Cra-489	Cra-531	e3-B02	g2-G12	g2-H21	e1-O21	g2-J05	g1-A01	g2-J08	g1-L12
Смородина черная												
Августинка	311	214/ 222	247	165	165/ 170	187/ 197	247	292/ 298	-	207	156/ 166	200/ 238
Ладушка	310/ 316	210/ 216	244/ 247	165/ 170	165/ 170	193/ 197	245/ 247	292/ 295	169	207	167	214
Ника	310	206/ 214	244/ 247	165/ 171	165/ 168	173/ 193	247	295	192	207	163	213
Смольяни- новская	310/ 317	202/ 214	240/ 244	165/ 170	165/ 170	191/ 197	247	295/ 298	-	207/ 211	167	214/ 217
Черная Вуаль	302/ 310	202/ 216	244/ 247	165/ 171	165/ 170	187/ 191	247	295	169/ 192	207/ 211	165/ 167	214/ 218
Черноокая	310/ 312	210/ 214/ 223	240/ 256	165/ 171	165/ 170	191/ 197	245/ 247	298	192/ 198	211	155/ 165	217
Смородина красная												
Белка	306/ 312	202	237	168/ 171	165/ 170	179/ 191	251/ 253	302	-	220	168/ 176	226/ 228
Памятная	306/ 319	202	233/ 241	162/ 168	165	179/ 185	251	302/ 309	179/ 187	220/ 228	179/ 185	226/ 234
Новая Красная	306/ 318	202	238/ 241	165/ 168	162/ 165	189/ 191	251/ 253	302	179/ 187	206/ 226	188	212/ 222
Крыжовник												
Юпитер	315	214	244/ 256	156/ 165	155/ 168	173	-	298/ 302	-	206/ 220	165/ 180	238/ 261

Примечание: * – нет амплификации, процесс повторился дважды; полужирным шрифтом указаны уникальные аллели/сочетания аллелей

Таким образом, в результате проведенных исследований для 10 сортов ягодных культур по 12 микросателлитным локусам составлены генетические паспорта. Набора из 12 микросателлитных маркеров для генотипирования сортов оказалось достаточно для формирования уникальных, отличных друг от друга ДНК-профилей. По результатам микросателлитного профилирования изучаемые сорта показали сорт-специфическую комбинацию аллелей.

Полученные ДНК-паспорта могут быть использованы для идентификации сортов, проверки на соответствие посадочного материала тому или иному сорту, в возможных спорных вопросах авторства сорта.

Список литературы

Анурова И.В., Должикова М.А., Пикунова А.В., Толпекина А.А., Богомолова Н.И. Генетическая паспортизация малины (*Rubus L.*) // Современное садоводство. 2019. № 4. С. 16–25. DOI: 10.24411/2312-6701-2019-10402

Толпекина А.А., Пикунова А.В., Должикова М.А., Голяева О.Д., Бахотская А.Ю. База данных, содержащая перечень аллелей, амплифицируемых в 14 микросателлитных локусах на ДНК 128 генотипов представителей рода смородина // Всероссийский научно-исследовательский институт селекции плодовых культур. БРК ВНИИСПК : официальный сайт. Данные в формате PDF. URL: https://drive.google.com/file/d/1oXVSExtHPXJbWON-T3Y_Ke1_M2ZQTwf-/view (дата обращения 11.05.2023).

Brennan R., Jorgensen L., Woodhead M., Russell J. Development and characterization of SSR markers in *Ribes* species // *Molecular Ecology Notes*. 2002. Vol. 2, No 3. P. 327–330. DOI: 10.1046/j.1471-8286.2002.00233.x

Doyle J.J., Doyle J.L. Isolation of plant DNA from fresh tissue // *Focus*. 1990. Vol. 12, No 1. P. 13–15.

ГЕНОТИПИРОВАНИЕ СОРТОВ МАЛИНЫ АЛТАЙСКОЙ СЕЛЕКЦИИ ПРИ ПОМОЩИ SSR-МАРКЕРОВ

А.М. Камнев¹, Н.Д. Яговцева², О.Ю. Антонова¹, С.Е. Дунаева¹, Т.А. Гавриленко¹
¹Федеральный исследовательский центр Всероссийский институт генетических ресурсов растений имени Н.И. Вавилова, Санкт-Петербург, Россия, e-mail: antonkamen@mail.ru
²Федеральный Алтайский научный центр агробиотехнологий, Отдел «Научно-исследовательский институт садоводства Сибири им. М.А. Лисавенко», Барнаул, Россия

SSR GENOTYPING OF ALTAI RASPBERRY CULTIVARS

A.M. Kamnev¹, N.D. Yagovtseva², O.Yu. Antonova¹, S.E. Dunaeva¹, T.A. Gavrilenko¹
¹N.I. Vavilov All-Russian Institute of Plant Genetic Resources, Saint-Petersburg, Russia,
e-mail: antonkamen@mail.ru
²Federal Altai Scientific Center for Agrobiotechnology, M.A. Lisavenko Scientific-Research Institute of Horticulture of Siberia – Department of the FASCA, Barnaul, Russia

Малина – одна из наиболее распространенных и экономически важных ягодных культур среди представителей семейства Rosaceae во всем мире, и в том числе в России. При этом Россия занимает лидирующее положение по объемам производства ягод малины, ее доля в мировом производстве составляет 28,9% валового сбора (Evdokimenko et al., 2012; Strik, Finn, 2012). Малина выращивается практически во всех российских регионах (за исключением Крайнего Севера), в том числе и на территории Алтайского края. Климатические условия Алтайского края – холодная длительная снежная зима с сильными морозами и жаркое лето с периодически повторяющимися засухами – предъявляют повышенные требования к адаптивным качествам и морозостойкости плодовых и ягодных культур, возделываемых в этом регионе. Работа по созданию таких сортов с успехом идет в Научно-исследовательском институте садоводства Сибири им. М.А. Лисавенко (ныне – одноименный отдел Федерального алтайского научного центра агротехнологий, здесь и далее – НИИСС им. М.А. Лисавенко, г. Барнаул). Селекция алтайских сортов малины в НИИСС им. М.А. Лисавенко ведется с привлечением экспедиционных сборов местных дикорастущих и культивируемых форм, а также образцов аборигенных сибирских и дальневосточных видов малин. В результате создан ряд сортов, отличающихся способностью быстро проходить период закалки и обладающих высокой морозостойкостью в ноябре и начале зимы.

Относительно недавно была начата работа по созданию номенклатурных стандартов сортов вегетативно размножаемых культур отечественной селекции, согласно Международному кодексу номенклатуры культурных растений (Гавриленко, Чухина, 2021; Гавриленко и др., 2022). Реализуемая в ВИР стратегия подготовки таких стандартов наряду с созданием гербарного листа предусматривает дублирование растения-стандарта в *in vitro* коллекции (с последующим введением образцов в криоколлекцию) и разработку молекулярно-генетического паспорта. Материал для проведения данных работ сотрудники ВИР совместно с авторами/соавторами сортов и/или экспертами-селекционерами отбирают от одного и того же клона сорта. Такая комплексная работа активно проводится для сортов картофеля российской селекции (Клименко и др., 2020; Фомина и др., 2020; Рыбаков и др., 2020); для 20 сортов малины алтайской, уральской и сибирской селекции обнародованы номенклатурные стандарты (Камнев и др., 2021, 2022). Растительный материал, использованный для гербаризации, также послужил источником для выделения ДНК. С использованием полученных препаратов ДНК начаты работы по SSR-генотипированию сортов малины отечественной селекции, первые результаты генотипирования сортов алтайской селекции представлены в наших тезисах.

Микросателлитные локусы для анализа подбирали по литературным источникам (Dossett et al., 2010; Graham et al., 2004; Lee et al., 2015; Lopes et al., 2006; Woodhead et al., 2008), используя следующие критерии: значительное число детектируемых аллелей, относительно высокий уровень полиморфизма, возможность создавать мультиплексные наборы при проведении электрофореза. Кроме того, по возможности отбирали микросателлиты с размером повторяющегося мотива три нуклеотида и выше, что облегчало различение аллельных фрагментов и увеличивало надежность результатов. ПЦР проводили согласно условиям, указанным разработчиками праймеров. Всего апробировали 33 пары праймеров, из которых для SSR-анализа отобрали 15. Для большинства из отображенных SSR-локусов известна их локализация в геноме. Выборка для генотипирования составила 14 сортов, в том числе 7 номенклатурных стандартов. Для каждого сорта в анализе участвовало несколько ДНК-препаратов: ДНК растения, использованного для создания номенклатурных стандартов и гербарных ваучеров, и ДНК других растений того же сорта из полевой коллекции НИИСС им. М.А. Лисавенко. Всего изучили 40 препаратов для 14 алтайских сортов, в пределах одного сорта все ДНК-пробы оказались идентичны.

В настоящее время получены SSR-профили 14 сортов малины алтайской селекции по 8 локусам. Все локусы оказались полиморфны (рисунок), в них было выявлено от 3 до 8 различных аллелей. Значения индекса PIC составили от 0,410 до 0,802, в среднем 0,55. В целом невысокие значения PIC для алтайских сортов малины соответствуют литературным данным (Dossett et al., 2012), что может быть связано с диплоидностью культуры и в целом с невысоким генетическим разнообразием сортового генофонда, о чем свидетельствует анализ родословных (Dale, 1993).

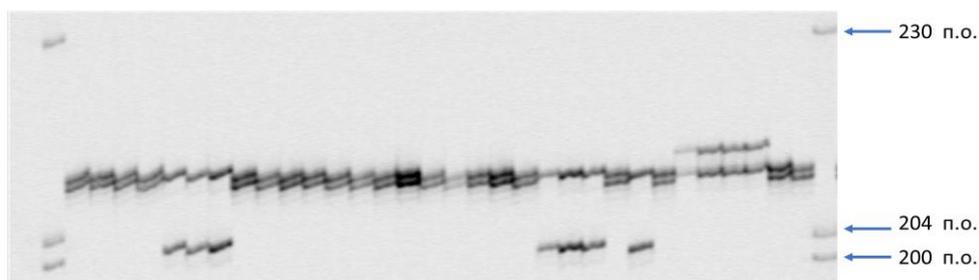


Рисунок. Полиморфизм SSR-локуса RiM017 у сортов малины алтайской селекции

Кластерный анализ с использованием различных методов (Neighbour-Joining, метод Варда) позволил разделить изученные сорта на две основные группы. При этом сорта, родословные которых восходят к сорту ‘Carnival’ (‘Кредо’, ‘Колокольчик’, ‘Затонская’, ‘Кассиопея’, ‘Добрая’, ‘Веста’), вместе с сортами ‘Зоренька Алтая’ и ‘Фантазия’, имеющими несколько другое происхождение, образовали одну кладу. Другую кладу составили сорта ‘Барнаульская’, ‘Иллюзия’, ‘Огонек’, ‘Блеск’, ‘Рубиновая’, ‘За здравие’. Данные сорта имеют разное генетическое происхождение, некоторые из них (‘Барнаульская’, ‘Иллюзия’) имеют в своей родословной сорт ‘Усанка’.

Для каждого из 14 сортов малины селекции НИИСС им. М.А. Лисавенко удалось получить индивидуальный SSR-профиль. Однако в целом невысокий уровень детектированного полиморфизма может привести к тому, что при расширении выборки за счет привлечения сортов малины других селекционных учреждений могут быть выявлены сорта с одинаковыми аллельными профилями. Поэтому работы по генотипированию сортов малины отечественной селекции (включая и алтайскую) будут продолжены с привлечением дополнительного числа маркеров.

ОСНОВНЫЕ НАПРАВЛЕНИЯ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ НАЦИОНАЛЬНОЙ СЕТЕВОЙ КОЛЛЕКЦИИ ГЕНЕТИЧЕСКИХ РЕСУРСОВ РАСТЕНИЙ В СФЕРЕ ГЕНЕТИЧЕСКИХ ТЕХНОЛОГИЙ

И.Г. Лоскутов, Ю.В. Ухатова, Е.К. Хлесткина

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

MAIN AREAS OF ACTIVITY OF THE NATIONAL NETWORK COLLECTION OF PLANT GENETIC RESOURCES IN THE FIELD OF GENETIC TECHNOLOGIES

I.G. Loskutov, Yu.V. Ukhatova, E.K. Khlestkina

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

Целью проекта является создание национальной сетевой коллекции генетических ресурсов растений на основе мировой коллекции Всероссийского института генетических ресурсов растений им. Н.И. Вавилова (ВИР) для эффективного научно-технического развития РФ в области генетических технологий. Для достижения поставленной цели были поставлены следующие задачи: создание интегрированной платформы данных по коллекциям генетических ресурсов растений и интернет-ресурса по номенклатуре культурных растений и их диких родичей; проведение комплексной характеристики с использованием геномных, феномных, омиксных и молекулярно-генетических подходов широкого спектра сельскохозяйственных культур; создание номенклатурных стандартов наиболее ценных образцов коллекций плодово-ягодных культур; создание генетических и регенерационных паспортов с высоким регенерационным потенциалом *in vitro* для широкого круга культур; совершенствование методов криоконсервации образцов ряда плодово-ягодных культур и создание посткриогенных паспортов на образцы коллекции; разработка стандартов для сохранения *ex situ* отредактированных линий растений и прецизионных коллекций. В рамках реализации данного проекта были созданы две лаборатории – лаборатория «Национальный цифровой генбанк» и лаборатория геномного редактирования.

В 2022 году продолжена разработка информационной платформы с системой словарей для унификации информации по сохраняемым коллекциям и создание онлайн-ресурс по номенклатуре культурных растений. Данный ресурс (справочник) содержит 1203 номенклатурные комбинации таксонов разного ранга из 25 родов и 802 видов. Разработанная единая Дата-платформа генетических ресурсов растений пополняется информацией об образцах мировой коллекции ВИР и соисполнителей проекта. Созданы и апробированы формы ввода паспортных данных образцов ГРП при создании Национального каталога.

Проводится всесторонняя характеристика при помощи геномных и молекулярно-генетических подходов широкого спектра, для чего были сформированы 18 выборок, состоящие из 1000 уникальных и наиболее ценных образцов для целей генотипирования из числа зерновых, плодовых, масличных, овощных культур, картофеля и др. Все наборы образцов были фенотипированы на базе сети опытных станций ВИР и всех соисполнителей проекта. В изучении используются SSR-маркеры, а также другие системы маркеров SCAR-, CAPS-, InDel- и SCoT-маркеры. Кроме того, для изучения некоторых выборок используют методы хемотипирования, метаболомного профилирования и анализа белковых маркеров.

Начат сбор образцов для создания номенклатурных стандартов. Завершена работа по созданию номенклатурных стандартов отечественных районированных сортов

мандарина (8), яблони (23), вишни (12), черешни (5), сливы (7), груши (10), айвы (5), смородины черной (5) и красной (6), крыжовника (5), малины (5) и рябины (6).

Разработаны генетические и регенерационные паспорта широкого спектра культур с использованием SSR-маркеров. Получены первые данные об аллельном составе 6-7 микросателлитных локусов у образцов яблони (30 генотипов), груши (21 генотип), сливы (23 генотипа), земляники (64 генотипа), мандарина (54 образца), показано, что уровень полиморфизма достаточен для дифференциации всех сортов в изучаемых выборках. Разработаны регенерационные паспорта для 4 сортов яблони, 2 сортов крыжовника, 3 сортов смородины черной, 5 сортов зернобобовых культур (маш), 1 сорта свеклы, 1 образца тыквы.

Разработан и валидирован стандарт посткриогенного паспорта (на примере яблони). Разработана часть стандартов сохранения редактированных линий растений и прецизионных коллекций в контролируемых условиях (*ex situ*), проведена разработка Регламента приемки на хранение этого материала, который определяет порядок передачи материала из селекционных и научно-исследовательских учреждений Российской Федерации на хранение в коллекцию ВИР.

В результате реализации данного проекта отечественным исследователям и селекционерам предоставляется востребованный генотипированный материал, данные и стандарты, которые будут содействовать приоритетному поиску новых генов-мишеней, выбору эффективных образцов для традиционного селекционного процесса с использованием методов маркер-ориентированной селекции и геномного редактирования, а также для надежного гарантированного сохранения нового ценного растительного материала, создаваемого при помощи генетических технологий.

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.

ГЕНЕТИЧЕСКАЯ ПАСПОРТИЗАЦИЯ ГРУШИ (*PYRUS*) ИЗ БИОРЕСУРСНОЙ КОЛЛЕКЦИИ ВНИИСПК

А.А. Павленко, М.А. Должикова, А.В. Пикунова

Всероссийский научно-исследовательский институт селекции плодовых культур,
Орловская область, Россия, e-mail: pavlenko@orel.vniispk.ru

GENETIC CERTIFICATION OF PEAR (*PYRUS*) FROM THE BIORESOURCE COLLECTION OF THE RUSSIAN RESEARCH INSTITUTE OF FRUIT CROP BREEDING

A.A. Pavlenko, M.A. Dolzhikova, A.V. Pikunova

Russian Research Institute of Fruit Crop Breeding, Orel Province, Russia,
e-mail: pavlenko@orel.vniispk.ru

Груша является важной плодовой культурой (род *Pyrus*, Rosaceae). Восточная Азия, район современного Китая и Японии, считаются центром первоначального происхождения груши, как и многих других плодовых листопадных растений (Гончаров, 2007). Генетическим представителям рода *Pyrus* характерно базовое число хромосом 17 ($2n = 34$) (Oliveira, 1999).

В последние годы отмечается увеличение сортового разнообразия данной плодовой культуры. В результате чего возникает необходимость в разработке методов идентификации, которые способны обнаружить различия между сортами на уровне ДНК, не требуя анализа фенотипического проявления признаков. При помощи современных методов молекулярного маркирования генома, в частности, применение SSR-маркеров (simple sequence repeat), которые основаны на простых повторяющихся последовательностях, становится возможным разработать генетические паспорта. Они помогают в работе с определением уникальных генотипов, в проведении анализа родословных и сортовой диагностики, в распознавании устойчивости к патогенам, а также их можно использовать для защиты авторских прав селекционеров (Урбанович, 2009).

Во Всероссийском НИИ селекции плодовых культур селекционная работа с грушей была начата в 1949 году А.В. Паршиным. В настоящее время во ВНИИСПК собрана уникальная биоресурсная коллекция груши (Долматов, Седов, 2019).

Цель данного исследования заключалась в изучении аллельного полиморфизма и построении генетических паспортов с помощью микросателлитных маркеров. Оценку полиморфизма осуществляли на 29 сортообразцах груши (*Pyrus*) из биоресурсной коллекции Всероссийского научно-исследовательского института селекции плодовых культур (г. Орел). SSR-анализ проводили с использованием 15 микросателлитных маркеров: CH01f07a, EMPc11, CH05c06, GD147, CH01d08, CH03d12, EMPc117, CH01f03b, CH01h01, CH01h10, CH02b10, CH02c11, CH05f06, CH-Vf1, GD142.

Выделяли ДНК из молодых листьев СТАВ-методом (Doyle J.J., Doyle J.L., 1990).

ПЦР-анализ проведен в реакционной смеси объемом 20 мкл, содержащей 1хПЦР буферный раствор, 200 мкМ нуклеотидов, 2 мкМ прямого праймера, 2 мкМ обратного праймера, 0,3 ед. Таq ДНК-полимеразы и 10 нг ДНК. Условия проведения амплификации: 95°C – 5 мин; 30 циклов: 95°C – 30 сек, отжиг праймера при температуре, подобранной для каждого маркера в течение 30 сек, 72°C – 30 сек.; 72°C – 10 мин. Фрагменты разделяли на приборе ABI prism Genetic Analyzer 3010. Размеры аллелей были определены с помощью программы Peak Scanner Software_v01.

Первичные данные о полиморфизме микросателлитных локусов получены в рамках сотрудничества по проекту ECPGR Pome Fruit C&E (Павленко, 2022). Общее количество амплифицированных аллелей с применением 15 микросателлитных маркеров по 29 сортообразцам составило 284 аллеля, а именно CH01h10 – 11, CH03d12 – 12, CH-

Vf1 – 12, CH01h01 – 14, CH01f03b – 15, CH02c11 – 19, CH01d08 – 20, CH05f06 – 20, GD147 – 21, EMPc117 – 21, CH02b10 – 22, CH01f07a – 22, GD142 – 24, EMPc11 – 25, CH05c06 – 26. Для построения генетических паспортов было выбрано 10 микросателлитных маркеров (CH01f07a, CH02b10, CH05f06, EMPc11, CH02c1, CH05c06, GD147, CH01d08, EMPc117, GD142), которые показали высокую степень полиморфизма, следовательно, уровень информативности у этих SSR-локусов выше остальных. В данной работе мы составили генетические паспорта 6 сортов груши: ‘Белорусская Поздняя’ (‘Добрая Луиза’ свободного опыления, Белорусский НИИ плодоводства); ‘Есенинская’ (Северянка × Оливье де Серр, ВНИИСПК); ‘Мраморная’ (Бере Зимняя Мичурина × Лесная Красавица, Россошанская зональная опытная станция садоводства); ‘Тихий Дон’ (Россошанская Красивая × Мраморная, Россошанская зональная опытная станция садоводства); ‘Тютчевская’ (11-11-163 [Северянка × (Россошанская Ранняя + Мережка)] × Жерве, ВНИИСПК); ‘Красавица Черненко’ (Дочь Бланковой × Бере Арданпон, ВНИИГиСПР). Выбранные сорта внесены в Госреестр селекционных достижений России.

Генетические паспорта представлены в виде набора аллелей в 10 SSR-локусах (таблица). У выбранных для паспортизации сортообразцов были обнаружены уникальные сочетания аллелей (в таблице выделены жирным), что позволило отличить сортообразцы друг от друга.

Таблица. Молекулярно-генетические паспорта сортообразцов груши, основанные на SSR-анализе. Длина аллелей указана в пн

	Белорусская Поздняя	Есенинская	Красавица Черненко	Мраморная	Тихий Дон	Тютчевская
CH01f07a	195/199	186/195	195	195	181/195	186/189
CH02b10	128/134	123/134	123/134	134	123	119/123
CH05f06	166/184	180/184	166/174	166/174	164/174	*
EMPc11	154/159	154	145/154	141/147	154	154
CH02c11	223/240	230/240	*	223/240	242	242
CH05c06	98/114	92/98	96/112	96/114	112/114	96/114
GD147	130/136	126	126	126/136	126/136	126/136
CH01d08	284/286	280	286/290	286/290	244/286	280
EMPc117	118/120	122	122/130	118/120	118/130	118/122
GD142	147/188	170/172	160/166	147/166	172/174	166/172

* – нет амплификации

Генетическая паспортизация, выполненная с помощью SSR-анализа, обеспечит возможность проверки отличий сортов друг от друга, в том числе для защиты авторских прав.

Список литературы

- Гончаров Н.П. Центры происхождения культурных растений // Вестник ВОГиС. 2007. Т. 11, № 3/4. С. 561–574.
- Долматов Е.А., Седов Е.Н. Итоги селекции груши во ВНИИСПК // Селекция и сорторазведение садовых культур. 2019. Т. 6, № 2. С. 11–16.
- Урбанович О.Ю. Молекулярные методы паспортизации сортов груши // Молекулярная и прикладная генетика. 2009. Т. 9. С. 160–166.
- Doyle J.J., Doyle J.L. Isolation of plant DNA from fresh tissue // Focus. 1990. Vol. 12, No 1. P. 13–15.
- Oliveira C.M., Mota M., Monte-Corvo L., Goulão L., Silva D.M. Molecular typing of Pyrus based on RAPD markers // Scientia Horticulturae. 1999. Vol. 79, iss. 3-4. P. 163–174. DOI: 10.1016/S0304-4238(98)00205-2

Pavlenko A., Pikunova A., Dolzhikova M., Dolmatov E. Using microsatellite markers to study the pear (*Pyrus*) germplasm from the VNIISPK collection // BIO Web of Conference. 2022. Vol. 47. Article No 03001. DOI: 10.1051/bioconf/20224703001

ГЕНЕТИЧЕСКАЯ КОЛЛЕКЦИЯ *RUBUS IDAEUS* L. ФНЦ САДОВОДСТВА И ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ЕЕ В СЕЛЕКЦИИ

М.А. Подгаецкий, С.Н. Евдокименко

Федеральный научный селекционно-технологический центр садоводства
и питомниководства, Москва, Россия, e-mail: maxpodgai@yandex.ru

GENETIC COLLECTION OF *RUBUS IDAEUS* L. AT THE FEDERAL HORTICULTURAL CENTER AND ITS USE IN BREEDING

M.A. Podgaetskiy, S.N. Evdokimenko

Federal Horticultural Center for Breeding, Agrotechnology and Nursery, Moscow, Russia,
e-mail: maxpodgai@yandex.ru

Целенаправленная селекция малины в России начала проводиться с конца XIX века. В настоящее время основным центром этой работы является ФГБНУ «Федеральный научный селекционно-технологический центр садоводства и питомниководства» (ФНЦ Садоводства). Здесь собрана генетическая коллекция малины, насчитывающая 85 образцов, из которых 41 генотип с ремонтантным типом плодоношения. Отечественные сорта составляют 56,5%, из них почти половина (45,9%) селекции ФНЦ Садоводства. Сорта зарубежной селекции представлены генотипами, созданными в Великобритании (8,2%), Украине (5,9%), Польше (5,9%), США (8,2%), Республике Беларусь (2,4%), Италии (2,4%), Чехии (2,4%), Болгарии, Канаде, Латвии, Финляндии, Нидерландах и Новой Зеландии (7,1%).

Многолетнее комплексное изучение генофонда малины ФНЦ Садоводства позволило выделить и подобрать для дальнейшей селекции наиболее перспективные генетические источники основных хозяйственно важных признаков и свойств.

Основным лимитирующим фактором выращивания малины в средней зоне плодородия является низкая зимостойкость стеблей. Методом полевой оценки, а также путем моделирования зимних повреждающих факторов в контролируемых условиях выявлены лучшие генетические источники как по отдельным компонентам, так и по комплексному показателю зимостойкости. В их число вошли сорта 'Улыбка', 'Метеор', 'Бальзам', 'Гусар', 'Вольница', 'Скромница', 'Беглянка', 'Пересвет', 'Иван Купала'.

В селекции на засухо- и жаростойкость в гибридизацию необходимо привлекать сорта 'Вольница', 'Гусар', 'Пересвет', 'Улыбка', 'Скромница', 'Иван Купала', 'Бальзам', проявляющие высокую устойчивость к недостатку влаги и высоким температурам.

Важнейшим адаптационным показателем ремонтантной малины в средней полосе России является ее способность отплодоносить до наступления заморозков, какая бы ни была погода летом и осенью. Нами выявлены лучшие доноры и источники в передаче потомству раннего созревания урожая в сочетании с другими хозяйственно ценными признаками – это сорта 'Евразия', 'Пингвин', 'Подарок Кашину', 'Медвежонок', 'Салют', 'Юбилейная Куликова', отборные селекционные формы 1-16-11, 13-118-1, 44-154-2, 7-42-5, 9-163-1.

Одним из уязвимых мест при выращивании малины является поражаемость растений грибными заболеваниями. К наиболее вредоносным из них следует отнести антракноз (*Gloeosporium venetum* Speg.), септориоз (*Septoria rubi* Sacc.), ботритиоз (*Botrytis cinerea* Pers.) и дидимеллу (*Didymella applanata* Sacc.). При создании антракнозоустойчивых форм в гибридизации необходимо использовать сорта 'Glen Ample', 'Журавлик', 'Мария', 'Бальзам', 'Метеор', 'Иван Купала', 'Пересвет', 'Вольница', 'Шоша', 'Гусар', 'Яркая', 'Улыбка', 'Арбат', 'Клеопатра', 'Патриция'; в селекции на устойчивость к дидимелле – сорта 'Журавлик', 'Изобильная', 'Патриция', 'Бригантина', 'Спутница', 'Newburg', 'Пересвет', 'Glen Fine', 'Скромница', 'Glen Magna'; в селекции на устойчивость

к септориозу – ‘Cowichan’, ‘Журавлик’, ‘Мария’, ‘Бальзам’, ‘Шош’а, ‘Яркая’, ‘Бригантина’; к ботритиозу – ‘Laszka’, ‘Tadmor’, ‘Chemainus’, ‘Sokolica’, ‘Radziejowa’, ‘Glen Ample’, ‘Cascade Delight’; к вирусным заболеваниям – ‘Newburgh’, ‘Гусар’, ‘Метеор’.

Высокая продуктивность малины связана, прежде всего, с количеством латералов на одном стебле, количеством ягод на латерале и массой ягод. Ежегодно образуют более 20 латералов на 1 стебле сорта ‘Cowichan’, ‘Вольница’, ‘Улыбка’, ‘Гусар’, ‘Лавина’, ‘Скромница’, ‘Иван Купала’. В число лучших по нагрузке плодовой веточки ягодами вошли сорта ‘Патриция’, ‘Бригантина’, ‘Иван Купала’, ‘Лавина’, ‘Таруса’, ‘Арбат’, ‘Изобильная’, ‘Желтый Гигант’. Среди ремонтантных сортов источниками многоплодия (190–220 шт./побег) являются сорта ‘Бабье Лето’, ‘Брянское Диво’, ‘Жар-птица’, ‘Подарок Кашину’, ‘Элегантная’, селекционные формы 3-1117-1, 11-107-1, 3-29-1.

Нами установлены источники крупноплодности. Таковыми являются сорта с геном L₁ – ‘Арбат’, ‘Изобильная’, ‘Желтый Гигант’, а также сорта с полигенным контролем признака – ‘Суламифь’, ‘Вольница’, ‘Солнышко’, ‘Бригантина’, ‘Мария’, ‘Феномен’, ‘Cascade Delight’, ‘Лавина’, ‘Cowichan’, ‘Патриция’, ‘Laszka’, ‘Glen Ample’, ‘Tadmor’, ‘Chemainus’, ‘Sokolica’, ‘Radziejowa’, ‘Glen Magna’, ремонтантные сорта – ‘Брянское Диво’, ‘Медвежонок’, ‘Подарок Кашину’, ‘Поклон Казакову’, ‘Оранжевое Чудо’, селекционные формы 9-113-1, 5-19-1, 9-163-1, 44-154-2, 3-170-1.

В потомстве этих родителей нами отобран ряд гибридов со средней массой ягод выше 4,0 грамм: 2-83-1 (Бригантина × Лавина), 1-8-1, 1-8-2 (2-12-1 × Феномен), 3-4-1, 3-4-2, (Гусар × Лавина), 2-35-1, 2-35-22 (Cowichan св. оп.), 2-59-1, 2-59-2 (Скромница × Феномен), 1-188-2 (9-113-1 × Подарок Кашину), 1-180-1 (9-113-1 × Поклон Казакову).

Одним из сложных направлений селекции является улучшение вкуса, аромата и биохимического состава плодов. В качестве родительских форм заслуживают внимания сорта с десертным вкусом плодов – ‘Улыбка’, ‘Иван Купала’, ‘Солнышко’, ‘Метеор’, ‘Кокинская’, ‘Гусар’, ‘Рубин Брянский’; для ремонтантного типа плодоношения – ‘Оранжевое Чудо’, ‘Поклон Казакову’, ‘Карамелька’, ‘Жар-птица’, ‘Салют’. При создании форм малины с повышенным накоплением сахаров в скрещивания необходимо включать сорта ‘Рубин Брянский’, ‘Вольница’, ‘Солнышко’, ‘Иван Купала’, ‘Атлант’, ‘Поклон Казакову’, ‘Карамелька’, у которых отмечен наиболее высокий уровень показателя (5,0–6,0%). Путем скрещивания трансгрессивных сеянцев между собой в последующих поколениях за счет гетерозисного эффекта можно значительно повысить уровень сахаронакопления в плодах отдельных генотипов. Источником повышенного накопления витамина С (до 45 мг/100 г) являются сорта ‘Улыбка’, ‘Рубин Брянский’, ‘Newburgh’, ‘Метеор’, ‘Солнышко’, ‘Пересвет’, ‘Патриция’, ‘Иван Купала’.

Перспективным направлением в селекции малины является создание сортов, пригодных к машинной уборке урожая. Определяющими признаками пригодности малины к машинной уборке являются повышенная прочность ягод, компактный габитус куста и дружное созревание урожая.

Для получения сортов малины с прочными, транспортабельными плодами длительного хранения необходимо включать в гибридизацию сорта ‘Атлант’, ‘Медвежонок’, ‘Салют’, ‘Sugana’, ‘Driscoll Maravilla’, ‘Glen Ample’, ‘Glen Magna’, ‘Glen Moy’, ‘Tulamin’, ‘Laszka’, ‘Tadmor’, ‘Sokolica’, ‘Chemainus’, ‘Cascade Delight’. В селекции на штамбовый габитус куста активного использования заслуживают сорт ‘Таруса’ и его производные, ремонтантный сорт ‘Пингвин’; в селекции на дружное созревание – сорта ‘Улыбка’, ‘Valentina’, ‘Anne’, ‘Феномен’, ‘Бальзам’ и ‘Вольница’. В селекции на бесшипность необходимо использовать сорта ‘Изобильная’, ‘Таруса’, ‘Патриция’, ‘Арбат’, ‘Glen Ample’, ‘Glen Moy’.

Выделенные в результате многолетних исследований доноры и источники основных хозяйственно важных признаков и свойств позволяют совершенствовать родительские формы малины и создавать более продуктивные сорта с высоким уровнем экологической устойчивости и качественных показателей плодов.

ПРИМЕНЕНИЕ МИКРОСАТЕЛЛИТНЫХ ДНК-МАРКЕРОВ ДЛЯ АНАЛИЗА ГЕНЕТИЧЕСКОГО РАЗНООБРАЗИЯ ПЛОДОВЫХ КУЛЬТУР

С.В. Токмаков

Северо-Кавказский федеральный научный центр садоводства, виноградарства, виноделия,
Краснодар, Россия, e-mail: ad-a-m@mail.ru

APPLICATION OF MICROSATELLITE DNA MARKERS FOR THE ANALYSIS OF FRUIT CROP GENETIC DIVERSITY

S.V. Tokmakov

North-Caucasian Federal Scientific Center of Horticulture, Viticulture, Winemaking,
Krasnodar, Russia, e-mail: ad-a-m@mail.ru

Изучение генетической структуры имеющихся коллекций генофонда, их пополнение и формирование как основы для создания конкурентоспособных сортов нового поколения, позволяет повысить эффективность использования генетического потенциала видов. Кроме этого, молекулярно-генетические методы позволяют решить ряд фундаментальных вопросов, касающихся филогенетики, изучения процесса доместикиции и путей распространения видов.

Можно выделить следующие значимые научные направления:

- изучение геномного полиморфизма культурных растений с использованием молекулярно-генетических маркеров;
- мобилизация генетических ресурсов культурных растений;
- поиск новых источников селекционно ценных признаков.

Генетические маркеры играют исключительно важную роль в изучении наследственной конституции организма и особенно в оценке исходного и селекционного материала. Наиболее перспективно использование маркерных систем, позволяющих оценить полиморфизм на уровне генома.

В СКФНЦСВВ уже на протяжении 15 лет ведутся исследования по изучению генофонда семечковых, косточковых культур, винограда и ореха грецкого. С применением SSR-маркеров уже проведено генотипирование более чем 600 генотипов яблони – около 300 сортов и сортоформ отечественной, местной, зарубежной селекции, автохтонных сортов, 300 генотипов яблони восточной. Груша – более чем 600 образцов, в том числе сорта отечественной и зарубежной селекции, автохтонные, и образцы груши кавказской из природных популяций. Помимо этого, косточковые культуры – более чем 600 селекционных форм, автохтонных образцов и сортов алычи, сливы, терна, персика, нектарина, абрикоса, черешни и вишни. Виноград – около 400 сортов, порядка 100 дикорасущих генотипов; свыше 300 образцов проанализированы на наличие генов ценных признаков. Грецкий орех – более 1200 образцов.

На данный момент апробированы и внедрены 53 SSR-маркера для генотипирования образцов рода *Malus*, 31 – рода *Pyrus*, 120 – для рода *Prunus*, 20 – *Vitis* и 19 – ореха грецкого.

Сформированы и пополняются базы данных ДНК-паспортов: яблони, груши, персика. Создана и зарегистрирована большая база данных генресурсов яблони, помимо ДНК-паспортов включающая информацию о наличии генов хозяйственно ценных признаков, происхождение, пloidность, морфологические признаки, фенологическое описание и многое другое.



**СЕКЦИЯ 1. СОХРАНЕНИЕ КОЛЛЕКЦИЙ
ГЕНЕТИЧЕСКИХ РЕСУРСОВ РАСТЕНИЙ
СЕКЦИЯ 2. ИЗУЧЕНИЕ ГЕНЕТИЧЕСКИХ РЕСУРСОВ
РАСТЕНИЙ**

**SECTION 1. CONSERVATION OF PLANT GENETIC
RESOURCES COLLECTIONS
SECTION 2. STUDY OF PLANT GENETIC RESOURCES**

в рамках соглашения
№ 075-15-2021-1050
(от 28.09.2021)



СЕЛЕКЦИОННАЯ ЦЕННОСТЬ ОБРАЗЦОВ ВЫСОКОМАСЛИЧНОЙ КУКУРУЗЫ

С.П. Аппаев, А.Р. Яндиева, О.Х. Матаева

Федеральный научный центр «Кабардино-Балкарский научный центр Российской академии наук», Институт сельского хозяйства – филиал КБНЦ РАН, Нальчик Россия,
e-mail: appaev-safar@mail.ru

BREEDING VALUE OF HIGH-OIL MAIZE ACCESSIONS

S.P. Appaev, A.R. Yandieva, O.H. Mataeva

Kabardino-Balkarian Scientific Center of the Russian Academy of Sciences, Institute of Agriculture, a branch of KBSC RAS, Nalchik Russia,
e-mail: appaev-safar@mail.ru

Кукуруза является одной из самых распространенных и универсальных культур – используется практически все кукурузное растение, из нее получают более чем 150 продовольственных и технических продуктов. Зерно кукурузы используют для получения круп, муки, крахмала, патоки, спирта и т. д. Из зародыша кукурузного зерна вырабатывают полноценное пищевое масло. В связи с этим селекция кукурузы на качество зерна остается актуальной и востребованной в настоящее время.

Одно из важнейших направлений селекции на качество – создание высокоурожайных гибридов кукурузы с повышенным содержанием крахмала в зерне. Потребность в крахмале постоянно растет, соответственно растут и объемы производства крахмала. Отметим, что за последнее десятилетие более чем 50% всех продаж крахмала в мире приходилось на кукурузный крахмал, опережая продажи маниокового (тапиокового) крахмала, который занимает на мировом рынке чуть более чем 30% и картофельного крахмала, чья доля превышает 7% от общемирового. В России более чем 80% крахмала производится из зерна кукурузы. При этом сырьем для производства крахмала служат преимущественно высокопродуктивные гибриды зубовидного и кремнистого подвидов кукурузы.

При производстве крахмала из кукурузы важное экономическое значение имеет качество побочных продуктов в виде зародыша зерновки и воды после замачивания зерна. Основным побочным продуктом производства крахмала является кукурузное масло, добываемое из зародыша, и протеин. Кроме того, из побочной продукции производятся кормовые добавки, т. е. создание гибридов кукурузы с высоким содержанием масла и белка в зерне позволит значительно повысить рентабельность производства крахмала. Однако в настоящее время нет высокомасличных и высокобелковых сортов и гибридов, не уступающих или равных по урожаю зерна зубовидной и кремнистой кукурузе.

Целью настоящих исследований явилось изучение перспективных образцов кукурузы из коллекции ВИР по важнейшим биохимическим признакам качества – повышенному содержанию белка, крахмала и масла в зерне.

Материалом для исследования послужили 500 образцов мировой коллекции ВИР. Был проведен биохимический анализ по содержанию крахмала, белка и масла в зерне, отобрано 100 образцов для включения в селекционные программы по созданию гибридов с улучшенными показателями качества зерна.

Количество белка, крахмала и масла определяли методом инфракрасной спектроскопии на приборе Inframatic 8620 (Швеция). Данные для построения калибровочных кривых были получены: для белка на приборе Kjeltec Auto 1030 Analyzer (Швеция) по методу Кьельдаля, для крахмала – поляриметрическим методом Эверса, для масла – по массе сухого обезжиренного остатка с использованием аппарата Сокслета.

Отметим, что содержание крахмала в зерне колебалось от 65,10% до 70,90%. Высокое содержание крахмала в зерне показали 27 образцов – 68,6–70,9%. Содержание белка

находилось в пределах 8,00–15,10%. В лучших 26 образцах белка содержалось от 13,70% до 15,10%. По содержанию масла в зерне выделено 38 образцов – 5,80–6,90%.

В сообщениях многих исследователей показано, что при повышении содержания белка в зерне снижается содержание крахмала и наоборот – при повышении крахмала содержание белка снижается. Проведенный нами анализ подтверждает, что линии с высоким содержанием белка показывают низкий процент крахмала в зерне. Так, в линиях с содержанием белка 13,80–15,10% содержание крахмала не превышало показателя 65,00%. В линии 14/54-2 с наивысшим процентом содержания белка (15,10%), крахмала было всего 63,00%. И наоборот, в линиях 35/96 и 35/20-1 при высоких показателях крахмала (70,60% и 70,90% соответственно), показатели содержания белка не превышали 9,5%. Нами выделено 10 образцов, которые сочетали в себе высокое содержание белка и масла с достаточно высокими показателями крахмала в зерне. Образцы 25/36-1 и 25/36 содержали более чем 70% крахмала и имели среднее содержание белка и масла.

Считается, что повышенное содержание белка в зерне кукурузы сочетается с повышенным содержанием масла. Наши исследования показали, что чаще всего так и происходит. Так, лучшие по содержанию белка линии кукурузы отличались и высоким содержанием масла в зерне. Исключение составили две линии 102.1/101 2 x 1 и 102.1/101 2 x 1 с очень высоким уровнем значения по белку (14,40%), но крайне низким показателем масла (3,30%).

При оценке и отборе новых самоопыленных линий важными показателями являются количественные признаки, отвечающие за продуктивность – высота растения и высота прикрепления початка на растениях. Высота растений очень важный признак в ряду количественных показателей, так как именно от этого часто зависит высота прикрепления початка и облиственность растений. В свою очередь, высота прикрепления початка влияет на технологическую оценку самоопыленных линий при выращивании семян первого поколения. Так, высота растения в наших опытах колебалась от 1,7 м до 2,2 м. Высота прикрепления початка находилась в пределах 0,8–1,3 м.

Проведенные исследования позволили выделить образцы, которые будут включены в селекционные программы по созданию гибридов кукурузы с повышенными качественными показателями зерна.

КОЛЛЕКЦИЯ ЛЮПИНА УЗКОЛИСТНОГО ВИР КАК ЗЕРКАЛО ДОМЕСТИКАЦИИ ВИДА

М.А. Вишнякова, Г.П. Егорова

Федеральный исследовательский центр Всероссийский институт генетических
ресурсов растений имени Н.И. Вавилова, Санкт-Петербург, Россия,
e-mail: m.vishnyakova.vir@gmail.com

VIR COLLECTION OF NARROW-LEAVED LUPINE AS A MIRROR OF THE SPECIES DOMESTICATION

M.A. Vishnyakova, G.P. Egorova

N.I. Vavilov All-Russian Institute of Plant Genetic Resources, St. Petersburg, Russia,
email: m.vishnyakova.vir@gmail.com

Люпин узколистный (*Lupinus angustifolius* L.) по занимаемым площадям в мире лидирует среди других культурных видов люпина, будучи самым скороспелым, наиболее пластичным и единственным, адаптированным к сравнительно северным широтам. В то же время это один из самых молодых культурных видов в роде *Lupinus*, доместичированный в 1930-х гг., когда на основе открытых безалкалоидных мутантов (Sengbusch, 1931) в Германии и Швеции начали создавать кормовые сорта (Майсурян, Атабекова, 1974). Однако австралийские ученые ведут отсчет доместикации вида с 1960–1970-х гг. (Gladstones, 1970) – со времени создания в Австралии сортов, сочетающих в генотипе максимум генов, определяющих синдром доместикации, а именно: безалкалоидности (*iuc*), нерастрескиваемости бобов (*le*, *ta*), раннего цветения (*Jul*, *Ku*), проницаемости семенной оболочки (*moll*), белой окраски цветков и семян (*leuc*) (Cowling, 2020).

Центр происхождения люпина узколистного – Средиземноморье, где в диком состоянии он до сих пор широко распространен (Cowling, 1986) с максимальным генетическим разнообразием в западной части средиземноморского бассейна (Mousavi-Derazmahalleh et al., 2018a, б). Краткая история доместикации вида нашла свое отражение и в сохраняемых *ex situ* генофондах. В большинстве генбанков мира преобладающее число образцов представляют дикие формы (Вишнякова и др., 2021). Самая старая по возрасту и вторая в мире по размеру коллекция люпина узколистного ВИР содержит 887 обр. Самая большая коллекция – в Австралии, после российской следуют сохраняемые *ex situ* генофонды НАН Республики Беларусь, Испании, Польши, Германии, Португалии – стран, где люпин является востребованной сельскохозяйственной культурой. По статусу образцов в коллекции ВИР – 42% селекционного материала, 30% – сортов научной селекции, 16% – местных сортов, по 6% диких форм и образцов неопределенного статуса.

За сто с лишним лет существования вировской коллекции образцы подвергались фенотипированию преимущественно в Московской и Ленинградской областях и хемотипированию по содержанию в семенах белка, масла и алкалоидов. Следует отметить, что значительная часть коллекции оценена по содержанию хинолизинидиновых алкалоидов в семенах полевой экспресс-оценкой посредством реактива Драгендорфа (Ермаков, 1987), что позволило выявить дифференциацию на низко- (< 0,099% алкалоидов на сухой вес семени – с. в. с.) и высокоалкалоидные (> 1% на с. в. с.). Большая часть проанализированных образцов коллекции (67%) относятся к мало- и безалкалоидным. В настоящее время в ВИР апробированы и выбраны способы для массового скрининга коллекции по содержанию алкалоидов посредством хроматографических методов анализа, которые обеспечивают более точную оценку (Kushnareva et al., 2020). Изменчивость содержания алкалоидов в семенах изученной методом хроматографии выборки из коллекции – 0,0015–2,017%. В большинстве случаев значение признака соответствует

статусу образца: сорта современной селекции, за исключением сидеральных, входят в группу с показателями 0,0017–0,052% алкалоидов на с. в. с., в то время как старые, местные сорта и дикие формы имеют значения 0,057–2,17% (Вишнякова и др., 2023). Вполне объяснимо, что ко второй группе относятся преимущественно образцы, поступавшие в коллекцию до 1950-х гг., то есть до периода активной селекции низкоалкалоидных генотипов.

Одним из основных признаков дикости у бобовых считается спонтанная раскрываемость бобов. Этот признак, способствующий распространению семян у диких видов и крайне нежелательный у культурных форм, находится под контролем двух рецессивных аллелей: *ta – tardus*, определяющего срастание створок бобов путем образования сплошного тяжа склеренхимных клеток по периметру боба (Hackbarth, Troll, 1955), и *le – lentus*, изменяющего ориентацию клеток эндокарпия и уменьшающего толщину пергаментного слоя (Gladstones, 1970). Только сочетание обоих аллелей обеспечивает полное отсутствие спонтанного раскрывания бобов (Anokhina et al., 2010). Формы, определенные нами как промежуточные по степени спонтанной вскрываемости, вполне возможно, имеют только один аллель из этих двух. Существенное отличие в анатомии плодов у контрастных форм выявлено нами в строении эпидермы и гиподермы в районе брюшного и спинного шва над коллатеральными пучками. Клетки этих тканей у невскрывающихся бобов характеризуются в этом месте очень мощным утолщением оболочек. Склерификация этих клеток к моменту созревания бобов формирует ткань, закрывающую наметившуюся щель вскрывания толстым образованием (наподобие пробки). При этом оболочки склерифицированных клеток эпидермы и гиподермы в районе брюшного шва мощно утолщены. Клетки эпидермы и гиподермы у вскрывающихся спонтанно в районе двух швов срастания, наоборот, таких утолщений не имеют. Более массивные механические структуры у невскрывающихся бобов позволяют им сохранять форму даже при высыхании боба, а створкам не закручиваться даже после обмолота, что является крайне значимой характеристикой сельскохозяйственной культуры.

Нами выявлена тенденция к более высокому (примерно в 2 раза за два года исследования) суммарному содержанию алкалоидов у образцов с диким типом боба и приближенным к нему промежуточным по сравнению с невскрывающимся без обмолота бобом. Связь среднего суммарного содержания алкалоидов с окраской семени, сведенной к трем категориям (темная – дикая, светлая – культурная и промежуточная) была достоверно выше у группы с темными семенами в 5,2 раза в 2019 г. и в 3,7 раза в 2020 г. Таким образом, низкое содержание алкалоидов в семенах люпина узколистного, приобретенное частью генофонда в результате доместикиции и селекции, имеет связь с отсутствием спонтанной раскрываемости бобов и светлосемянностью. В этом мы видим доказательство сопряженной интрогрессии генов доместикиции в современные сорта люпина узколистного.

Многолетнее полевое фенотипирование коллекции показало, что образцы с ограниченным ветвлением – перспективный генофонд для возделывания в сравнительно северных районах нашей страны. Они обладают меньшей, но более стабильной продуктивностью, пригодны для возделывания в загущенном посеве, что имеет целый ряд агротехнических преимуществ (Vlasova, 2015; Вишнякова и др., 2021).

Таким образом, генетическое разнообразие люпина узколистного в коллекции ВИР, поступающее в нее в течение более чем ста лет, позволяет понять пути доместикиции культуры, выявить особенности, характерные для хорошо отселектированных сортов научной селекции, не пренебрегая при этом адаптивностью дикого генофонда. Именно его представители позволили селекционерам Австралии создать в начале 2000-х гг. высокопродуктивные сорта, которые превысили урожайность сортов, созданных на основе элитного семенного материала, на 81%, а кроме того, приобрели устойчивость к основным патогенам и толерантность к гербицидам (Cowling, 2020).

ДАЛЬНЕВОСТОЧНАЯ КОЛЛЕКЦИЯ КУЛЬТУР КЛЕТОК ВЫСШИХ РАСТЕНИЙ

**Т.Ю. Горпенченко, Т.А. Евсева, М.Т. Ханды, К.В. Киселев, Ю.Н. Шкрыль,
О.В. Наконечная, А.А. Гончаров, В.П. Булгаков, Ю.Н. Журавлев**
Федеральный научный центр биоразнообразия наземной биоты Восточной Азии
Дальневосточного отделения Российской академии наук, Владивосток, Россия,
e-mail: gorpenchenko@biosoil.ru

THE FAR EAST COLLECTION OF HIGHER PLANT CELL CULTURES

**T.Y. Gorpenchenko, T.A. Evseeva, M.T. Khandy, K.V. Kiselev, Y.N. Shkryl,
O.V. Nakonechnaya, A.A. Goncharov, V.P. Bulgakov, Yu.N. Zhuravlev**
Federal Scientific Center of the East Asia Terrestrial Biodiversity, Far Eastern Branch
of the Russian Academy of Sciences (FSCEATB FEB RAS), Vladivostok, Russia,
email:gorpenchenko@biosoil.ru

Дальневосточный регион Российской Федерации представлен уникальным составом редких и эндемичных видов растений, которые на протяжении столетий используются в народной и современной медицине многих стран и являются важнейшим ресурсным потенциалом нашей страны. Большинство этих видов являются растениями с ограниченным ареалом и небольшим количеством особей, находящихся под охраной. Для полномасштабных исследований этих видов одним из перспективных направлений является создание культур клеток растений. На данный момент на базе Федерального научного центра биоразнообразия наземной биоты Восточной Азии Дальневосточного отделения Российской академии наук поддерживаются и изучаются клеточные линии 50 видов растений. В большинстве своем это линии эндемиков дальневосточного региона, привлеченные с целью получения ценных вторичных метаболитов – биологически активных веществ (Булгаков и др., 1991). Часть полученных штаммов была депонирована во Всероссийскую коллекцию культур клеток высших растений (ВРККК ВР) и поддерживается на базе ИФР РАН.

В коллекции широко представлены клеточные культуры растений рода *Panax* (*P. ginseng* C.A. Meyer, *P. quinquefolia* L., *P. vietnamensis* Ha et Grushv.) и других представителей сем. Araliaceae (35 линий). В частности, штаммы женьшеня служат основой генетических исследований для процессов, происходящих в клетках при потере организменного контроля и в процессе генетической трансформации. В ходе этих работ был впервые получен высокопродуктивный штамм женьшеня из волосатых корней (Журавлев и др., 1993) и выявлены особенности метаболизма рибосомных РНК, ответственных за геномный полиморфизм (Chelomina et al., 2020).

Особое место в коллекции занимает высокопродуктивный штамм воробейника краснокорневого *Lithospermum erythrorhizon* Sieb. et Zucc., на основе которого в 2003 году было создано производство шиконинового масла. Также к наиболее ценным штаммам относится незабудочник седой *Eritrichium sericeum* (Lehm.) DC., клетки которого содержат высокое количество ценного полифенола рабдозиина и штамм *Mertensia maritima* (L.) Gray – источник (+) алантоина и розмариновой кислоты (патент РФ № 2484093 «Способ получения алантоина»). К перспективным штаммам относятся также штаммы таких видов растений как *Maackia amurensis* Rupr. et Maxim., *Iris ensata* Thunb., *I. sanguinea* Hornem., *I. pseudacorus* L., атрактилодеса яйцевидного *Atractylodes ovata* (Thunb.) Willd., леспедеции двухцветочной *Lespedeza bicolor* Turcz., цинанхума хвостатого (ластовня) *Cynanchum caudatum* (Miq.) Maxim. и другие (Grishchenko et al., 2013; Наконечная и др., 2021 и др.).

Коллекция постоянно пополняется новыми культурами, в том числе штаммами редких и лекарственных видов со всего мира. Среди них *Stephania glabra*, артишок *Cynara cardunculus* var. *altilis* L. (Asteraceae). Большое количество морфогенных клеточных линий

женьшенья и других видов (*Stephania glabra* (Roxb.) Miers, *Drosera rotundifolia* L.) служат основой для исследований процессов морфогенеза растений и дифференцировки тканей (рисунок).

Кроме того, в секторе микроклонального размножения растений проводится отработка методик микроклонального размножения редких видов и ценных сортов растений Дальнего Востока. Это позволяет сохранять ценные генотипы растений. Разнообразие видов и их клеточных культур позволяет сотрудничать со многими российскими и зарубежными коллективами.



Рисунок. Растения, микроклоны и клеточные линии *Mertensia maritima* (L.) Gray, *Stephania glabra* (Roxb.) Miers., *Panax ginseng* C.A. Meyer

Список литературы

Булгаков В.П., Журавлев Ю.Н., Козыренко М.М., Бабкина Э.Н., Уварова Н.И., Маханьков В.В. Содержание даммарановых гликозидов в различных каллусных линиях *Panax ginseng* C.A. Mey // Растительные ресурсы. 1991. Т. 27, вып. 3. С. 94–100.

Наконечная О.В., Грищенко О.В., Хроленко Ю.А., Булгаков В.П., Бурковская Е.В., Григорчук В.П., Прокуда Н.А., Холин А.С., Гафицкая И.В., Михеева А.В., Орловская И.Ю., Бурдуковский М.Л., Субботин Е.П., Кульчин Ю.Н. Влияние светодиодного освещения на морфогенез, содержание аскорбиновой кислоты, Р, К, Са в растениях *Eruca sativa* // Физиология растений. 2021. Т. 68, № 2. С. 194–205. DOI: 10.31857/S0015330321020135

Патент № SU 1707073 А1 СССР, МПК С 12 N 5/04, 5/00. Штамм культивируемых клеток растений *Lithospermum erythrorhizon* Sieb. et Zucc. – продуцент шиконина: 4822723/13 : заявл. 16.04.1990 : опубл. 23.01.1992 / Журавлев Ю.Н., Булгаков В.П., Писецкая Н.Ф., Козыренко М.М., Старун Т.В., Артюков А.А., Федорев С.А. ; заявители Биолого-почвенный институт Дальневосточного отделения АН СССР, Тихоокеанский институт биоорганической химии Дальневосточного отделения АН СССР. 2 с.

Патент № SU 1824114 А1 СССР, МПК А01Н 4/00. Способ микроразмножения женьшенья: 4848926/13 : заявл. 26.06.1990 : опубл. 30.06.1993 / Журавлев Ю.Н., Гетманова Е.С., Музарок Т.И., Булгаков В.П. ; заявитель Биолого-почвенный институт Дальневосточного отделения АН СССР. 5 с.

Chelomina G.N., Rozhkovan K.V., Burundukova O.L., Gorpenchenko T.Y., Khrolenko Y.A., Zhuravlev Y.N. Age-Dependent and Tissue-Specific Alterations in the rDNA Clusters of the *Panax ginseng* C. A. Meyer Cultivated Cell Lines // Biomolecules. 2020. Vol. 10, No 10. 1410. DOI: 10.3390/biom10101410

Grishchenko O.V., Kiselev K.V., Tchernoded G.K., Fedoreyev S.A., Veselova M.V., Bulgakov V.P., Zhuravlev Y.N. The influence of the *rolC* gene on isoflavonoid production in callus cultures of *Maackia amurensis* // Plant Cell Tissue and Organ Culture. 2013. Vol. 113, No 3. P. 429–435. DOI: 10.1007/s11240-012-0283-x

ГЕНОФОНД СЛИВЫ КИТАЙСКОЙ (*PRUNUS SALICINA* LINDL.) КАК ИСТОЧНИК ЦЕННЫХ ПРИЗНАКОВ В СЕЛЕКЦИИ СЛИВЫ РУССКОЙ (*PRUNUS* × *ROSSICA* EREM.)

А.Е. Дедова

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

THE GENE POOL OF CHINESE PLUM (*PRUNUS SALICINA* LINDL.) AS A SOURCE OF VALUABLE TRAITS FOR RUSSIAN PLUM (*PRUNUS* × *ROSSICA* EREM.) BREEDING

A.E. Dedova

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

На Крымской OCC – филиале ВИР в генетической коллекции сливы китайской (*Prunus salicina* Lindl.) насчитывается около 300 образцов, в которую входят подвиды: типичная китайская (*P. salicina* subsp. *salicina*), маньчжурская (*P. salicina* subsp. *mandshurica* (А.К. Skvortsov) Erem., уссурийская (*P. salicina* subsp. *ussuriensis* (Kovalev et Kostina) Erem.), абрикосовая (*P. salicina* subsp. *simonii* (Carr.) Erem.) (Еремин, 2021). Коллекция сливы русской (*P. × rossica* Erem.) насчитывает более 100 образцов, 15 из которых были созданы академиком Г.В. Ереминым и получили широкое распространение не только в России, но и за рубежом. Для улучшения сортимента сливы русской были использованы генотипы сливы китайской, что дало отличный результат в селекции этой культуры. Были созданы такие успешные сорта как: ‘Кубанская Комета’, ‘Июльская Роза’, ‘Шатер’, ‘Найдена’, ‘Тек’, ‘Евгения’, ‘Глобус’, ‘Алмаз’, ‘Колонновидная’ и другие.

Селекционная станция расположена в предгорной зоне Западной подзоны Северного Кавказа, где возделывается различный сортимент плодово-ягодных культур, но, несмотря на умеренно континентальный климат, условия для садоводства являются экстремальными из-за возвратных заморозков в весенний период и засушливого лета. В связи с этим, селекционная программа направлена на выведение сортов, устойчивых к неблагоприятным факторам внешней среды.

Учеными станции продолжается изучение генофонда сливы китайской с целью выделения доноров и источников хозяйственно ценных признаков для дальнейшего использования в селекции сливы русской. В ходе изучения коллекции китайских слив был выделен ряд генотипов зарубежной селекции – это новые интродуцированные сорта, которые были созданы в США. Определены перспективные доноры (‘Angeleno’, ‘Friar’, ‘Larry Ann’, ‘Black Amber’, ‘Folling’, ‘Black Star’, ‘Royal Garnet’ и др.) и источники крупноплодности, хрящеватой мякоти, темной окраски плодов и круглой формы (‘Fortune’, ‘Ozark Premier’, ‘Crimson Glo’, ‘Byron Gold’, ‘October Sun’ и др.). Благодаря скрещиванию интродуцированных сортов сливы китайской с лучшими сортами сливы русской, такими как: ‘Глобус’, ‘Кубанская Комета’, ‘Колонновидная’ и др., нами были получены элитные сеянцы сливы русской, которым были переданы ценные качества лучших зарубежных коммерческих китайских слив, что является отличным результатом в области улучшения сортимента этой культуры на Юге России. За последние несколько лет были получены сеянцы, масса плода которых от 60 и до 90 граммов, с плотной мякотью, темной окраской кожицы и длительным периодом хранения.

В ходе изучения коллекции генофонда сливы китайской (*P. salicina*) был выделен сорт ‘Black Amber’ как донор товарно-потребительских качеств плодов. В результате

селекции с этим сортом, были получены элитные сеянцы, отвечающие требованиям селекционной программы. Таким образом, сорт 'Black Amber' рекомендуется как донор крупноплодности и плотной (хрящеватой мякоти) (рисунок)

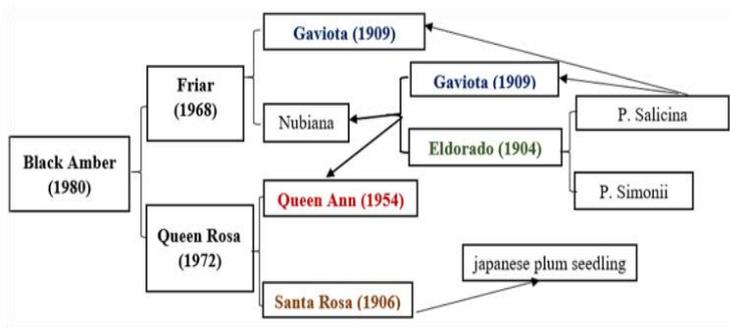


Рисунок. Плоды и родословная сорта Black Amber

Целесообразно продолжить изучение интродуцированных генотипов сливы китайской с целью выявления доноров и источников ценных признаков, необходимых для создания высокотехнологичных сортов сливы русской на юге России.

Работа выполнена на коллекции генетических ресурсов растений ВИР в рамках государственного задания по тематическому плану ВИР по проекту FGEM-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».

Список литературы

Еремин Г.В. Косточковые плодовые культуры. Генофонд и его использование в селекции. Краснодар : Просвещение-Юг, 2021. 558 с.

ИЗМЕНЕНИЯ ФОТОСИНТЕТИЧЕСКОГО АППАРАТА, УСТОЙЧИВОСТИ К ОБЕЗВОЖИВАНИЮ И БЕЛКОВОГО ПРОФИЛЯ ЗЕРНА У ПРЕДКОВЫХ И СОВРЕМЕННЫХ ФОРМ ПШЕНИЦ

И.С. Киселева, А.А. Ермошин

Уральский федеральный университет, Екатеринбург, Россия, e-mail: irina.kiseleva@urfu.ru

CHANGES IN THE PHOTOSYNTHETIC APPARATUS, DESICCATION TOLERANCE, AND GRAIN PROTEIN PROFILE IN ANCESTRAL AND MODERN WHEAT FORMS

I.S. Kiseleva, A.A. Ermoshin

Ural Federal University, Yekaterinburg, Russia, e-mail: irina.kiseleva@urfu.ru

Пшеница – один из первых одомашненных злаков. Она является основной сельскохозяйственной культурой в мире. Виды пшениц являются результатом спонтанной гибридизации 14-хромосомных видов *Triticum beoticum* и *T. urartu*, родоначальников субгеномов A^b и A^u соответственно с 14-хромосомными видами *Aegilops* и последующей эволюции. Род *Triticum* L. представлен более чем 20 видами, отличающимися друг от друга плоидностью и геномным составом (Гончаров, Кондратенко, 2008).

Ценность пшеницы обусловлена содержанием в зерне крахмала и белка. Селекция и агротехника пшеницы направлены на получение больших урожаев лучшего качества. Важным условием достижения этой цели является понимание физиолого-биохимических основ продукционного процесса, в том числе фотосинтеза и устойчивости растений пшеницы, а также изменений фракционного состава белков в зерновках. Целью данного исследования было изучение фотосинтетического аппарата листьев пшеницы, ее устойчивости к десикации и содержанию белков в зерне в зависимости от уровня плоидности и геномного состава.

Объекты исследования – 16 видов рода *Triticum*, различающиеся по происхождению, геномному составу и степени плоидности; всего – 41 образец. Были представлены *Triticum* $2n = 14$ (геномы, A^b), $2n = 28$ (A^uB , A^bG), $2n = 42$ (A^uBD , A^bGD).

С увеличением уровня плоидности отмечено увеличение продуктивности в 2–4 раза, что было достигнуто за счет формирования большей ассимиляционной поверхности в 2–2,5 раза и скорости роста на 40–60%, в то время как число листьев на побеге и продолжительность роста не изменились. Интенсивность фотосинтеза, напротив, уменьшилась в 1,5–2 раза. Причина этого – снижение фотосинтетической активности единичного хлоропласта на 30–50% у аллоплоидных видов пшеницы в сравнении с диплоидами из-за изменения условий для диффузии CO_2 к центрам карбоксилирования в результате структурных преобразований мезофилла листа в процессе эволюции рода *Triticum*. Изучение особенностей структуры фототрофных тканей листьев видов пшеницы выявило возрастание объемов клеток (в 1,3 раза) и их общего количества в листе с ростом числа хромосом в ядре, что привело к уменьшению суммарной внутренней ассимиляционной поверхности и ухудшению условий для диффузии CO_2 (Khrantsova et al., 2003, 2004).

Изученные виды различались по интенсивности транспирации, водоемкости тканей и устойчивости к десикации. Увеличение плоидности в ходе окультуривания привело к обратному эффекту – снижению интенсивности транспирации. При этом значительных изменений в водоемкости (80–82%) и водообеспеченности (92–94%) тканей листа не наблюдали. В условиях десикации наибольшую устойчивость обнаруживали формы с 14-хромосомным набором и геномом A^b и с 28-хромосомным набором и геномом A^bG ; менее устойчивы были тетраплоиды с 28-хромосомным набором и геномом A^uB . В ряду от 14-хромосомных к 28-хромосомным видам уменьшалось число устьиц, что также

обусловило более низкую скорость потерь воды у эволюционно более молодых форм. При стрессе, вызванном десикацией, у аллополиплоидов в сравнении с моногеномными видами наблюдали накопление пролина и рост активности гваяколовой пероксидазы. У моногеномных видов базовый уровень содержания пролина в нормальных условиях выше, чем у аллополиплоидов в 2–2,5 раза.

Таким образом, в ходе спонтанной гибридизации предков современных пшениц появились формы с менее развитой внутренней ассимиляционной поверхностью (Ames/A), что привело наряду с уменьшением числа устьиц на единицу поверхности листа, с одной стороны, к ухудшению условий для диффузии CO₂, а с другой – к замедлению диффузии паров воды из листа и ограничению транспирации. Рост продуктивности более молодых в эволюционном плане аллоплоидных форм происходил за счет увеличения площади отдельного листа и ассимиляционной поверхности в целом, а также большей устойчивости к дефициту влаги.

Качество зерна, определяемое его химическим составом, в особенности, соотношением разных фракций, также было неодинаковым у разных видов пшениц. Суммарное содержание белка варьировало от 7,3% до 20,5% от массы зерновок, при этом наибольшее количество белка имели *T. militinae*, *T. timopheevii*, *T. spelta*. Наибольший процент белка в зерне имеют тетраплоиды, наименьший – гексаплоиды. При группировке по геномному составу наименьшее содержание белка 11,8% обнаружено в группе A^uBD, а максимальное – в группе A^bG – 15,1%. Абсолютное содержание глютенина было наиболее консервативным показателем. При этом с ростом уровня ploидности доля глютенина от общего количества белков увеличивалась. Приобретение пшеницами генома G (виды *T. timopheevii*, *T. militinae*) положительно сказывалось на качестве и количестве белка, тогда как генома D не давало положительного эффекта (Ермошин и др., 2022).

Дискриминантный анализ показал, что показатели структуры мезофилла, параметры водного обмена растения и соотношение фракций запасных белков в зерне способны надежно разграничить пшеницы по показателям ploидности и геномного состава. По всем изученным группам признаков группа диплоидных пшениц достоверно обособлялась от группы гексаплоидных, а тетраплоидные виды занимали промежуточное положение и перекрывались с двумя другими группами. При сравнении пшениц с разным геномным составом обособился вид с геномом A^bG.

Исследование поддержано Министерством науки и образования РФ, гос. задание FEUZ-2023-0019.

Список литературы

Гончаров Н.П., Кондратенко Е.Я. Происхождение, доместификация и эволюция пшениц // Вестник ВОГиС. 2008. Т. 12, № 1/2. С. 159–178.

Ермошин А.А., Рукавишников Д.С., Чусовитин А.А., Киселёва И.С. Фракционный состав белков зерна видов пшениц с разными геномами и уровнем ploидности // Биомика. 2022. Т. 14, № 3. С. 243–247. DOI: 10.31301/2221-6197.bmcs.2022-20

Khramtsova E.V., Kiseleva I.S. Genome-Dependent Factors in the Development of Leaf Phototrophic Tissues in Diploid and Allopolyploid Wheat Species // Russian Journal of Plant Physiology. 2004. Vol. 51, No 2. P. 249–256. DOI: 10.1023/B:RUPP.0000019222.76063.e1

Khramtsova E.V., Kiseleva I.S., Lyubomudrova E.A., Malkova N.A. Optimization of the Leaf Mesophyll Structure in Allopolyploid and Diploid Wheat Species // Russian Journal of Plant Physiology. 2003. Vol. 50, No 1. P. 19–27. DOI: 10.1023/A:1021924115326

ПРЕДСТАВИТЕЛИ РОДА *CITRUS* L. ДЛЯ ДЕКОРАТИВНОГО И ЛЮБИТЕЛЬСКОГО САДОВОДСТВА

А.С. Кулешов, Р.В. Кулян

Федеральный исследовательский центр «Субтропический научный центр Российской академии наук», Сочи, Россия, e-mail: mister.alexandr.ru@gmail.com

REPRESENTATIVES OF THE GENUS *CITRUS* L. FOR DECORATIVE AND AMATEUR GARDENING

A.S. Kuleshov, R.V. Kulyan

Subtropical Scientific Center of the Russian Academy of Sciences, Sochi, Russia,
e-mail: mister.alexandr.ru@gmail.com

Цитрусовые растения относятся к вечнозеленым растениям и пользуются большой популярностью у ландшафтных дизайнеров, дизайнеров среды, и с успехом используется в оформлении.

Большое количество полезных свойств и качеств цитрусовых, влияющие положительно на здоровье человека, оказали влияние на их окультуривание и распространение по всему миру (Жученко, 2016). Наиболее распространенными видами для выращивания в промышленных масштабах являются мандарин (*Citrus reticulata*), апельсин (*C. sinensis*), грейпфрут (*C. paradisi*), лимон (*C. limon*) и лайм (*C. aurantifolia*). Естественная и искусственная гибридизация способствовала получению большого разнообразия гибридов и сортов, которые представляют большой интерес для декоративного и любительского садоводства. Цитрусовые легко приспосабливаются к новым условиям выращивания, эффектны во время цветения и плодоношения. Биоресурсная коллекция ФИЦ СНИЦ РАН насчитывает 142 сортообразца, среди которых имеются формы, рекомендуемые для оформления интерьеров, зимних садов, террас, выделены таксоны для ландшафтного озеленения.

Лайм (*C. aurantifolia*) родом из Индии, культивируется во многих странах мира. Произрастает в субтропических или тропических регионах, чутко реагирует на отрицательные температуры, но мирится с комнатными условиями. Это небольшое дерево или кустарник с хорошо облиственной кроной. Цветки мелкие, одиночные или собраны в соцветие с антоциановой окраской. Плоды небольшого размера от зеленого до желтого цвета. При благоприятных условиях растение способно расти и цвести круглый год. В коллекции содержатся сорта лайма, отличающиеся по различным морфологическим признакам. Сорт 'Fogo' – плоды с оранжевой окраской кожуры, 'Tahiti' обладает более крупными темно-зелеными листьями и бессемянными плодами, цветки белые, ароматные, собраны в плотные соцветия. В коллекции содержатся формы со сладкими плодами, которые относятся к *C. × limetta* сорта 'Chontipico' (рисунок, 1) и 'Pursha' (Каталог цитрусовых..., 2013). Они имеют крупные белые цветки и очень декоративные желтой окраски плоды с приятным, сладким ароматом. Каффир-лайм (*C. hystrix*) – это невысокое дерево с плотными ярко-зелеными листьями, черешок с крупной крылаткой. Цветки мелкие, одиночные с антоциановой окраской. Плоды мелкие, кислые и с очень бугристой, зеленой кожурой. Все части растения очень ароматные. Одним из недостатков каффир-лайма является опадение плодов при полном созревании.

Цитрон (*C. medica*) – самое древнее цитрусовое растение, от которого произошли большинство существующих известных видов. Растение популярно в восточных странах, где плоды используют в качестве изготовления мармелада и цукатов, а также в народной медицине и религиозных обрядах. Как и лайм, очень чувствителен к отрицательным температурам. Это небольшое растение с большими листьями и крупными плодами желтого цвета. В зависимости от сорта цветки могут быть белыми или иметь антоциановую

окраску. Отличительной особенностью цитрона от других цитрусовых видов является наличие в плодах очень толстого слоя альbedo и флаведо с небольшим количеством очень кислой мякоти. В коллекции содержится необычная разновидность – цитрон ‘Рука Будды’ (*C. medica* var. *sacrodactylus*). Такое название он получил благодаря необычной формы плодов, которая напоминает человеческие пальцы (рисунок, 3). Это небольшое дерево с компактной кроной и небольшими овальными листьями. Цветки белые и собраны в соцветие. Плоды с желтой, гладкой и очень ароматной кожурой, мякоти почти нет. В коллекции имеются пестролистные формы цитрона, которые также будут эффектно смотреться в помещении.

Бигардия, или горький апельсин (*C. aurantium*) – это небольшое дерево, с пышной компактной кроной, которое очень хорошо мирится с комнатными условиями. Растения выращивают в основном для получения эфирного масла (неролиевого и померанцевого), которое широко используется в парфюмерии, а также в качестве подвоя (Кулян, 2017). Листья темно-зеленые, блестящие, плотные, расположены на черешках с широкими крылатками. Плоды среднего размера, с шероховатой, ярко-оранжевой, ароматной кожурой. *C. × myrtifolia* (миртолистный апельсин, Чинотто) является широко распространенным декоративным растением, считается мутацией кислого апельсина. Чинотто – это небольшое дерево, достигающее высоты до 3 м и характеризуется медленным ростом. Побеги без колючек, имеют укороченное междоузлие, растение с компактной и плотной кроной. Листья мелкие, плотные, темно-зеленого цвета с ланцетно-заостренной формой, напоминающие листья мирта. Цветки среднего размера, белые, собраны в плотное соцветие (рисунок, 2). Плоды мелкие, оранжевые, ароматные. Мякоть сладкая с небольшой горечью.



Рисунок. Плоды и соцветия цитрусовых культур:

1 – *Citrus medica* var. *sacrodactylus*; 2 – *C. × myrtifolia*; 3 – *C. × limetta* ‘Chontipico’

Среди лимонной группы можно выделить гибриды *C. × bergamia* var. *melarosa*, *C. limonelloides*, *C. × meyeri* и *C. limon* ‘Диоскурия’, которые отличаются высокой урожайностью, декоративностью и хорошей приспособленностью к комнатным условиям. Каламондин (*C. × microcarpa*) считается гибридом мандарина и кумквата. В настоящее время приобретает большую популярность как комнатное растение, которое способно хорошо переносить как прохладную зимовку, так и более теплое содержание. Растение очень быстро наращивает крону, поэтому хорошо поддается различной формировке. Эффектно смотрится при одновременном наличии на растении мелких, белых цветков и оранжевых плодов. В коллекции также имеется пестролистная форма каламондина.

Список литературы

Жученко А.А. Средоулучшающие технологии и активное долголетие // Вестник восстановительной медицины. 2016. № 1 (71). С. 48–54.

Каталог цитрусовых культур. Коллекция ГНУ ВНИИЦиСК Россельхозакадемии. Вып. 2 / составители: В.М. Горшков, В.А. Фогель, Р.В. Кулян ; под ред. А.В. Рындина. Сочи : ГНУ ВНИИЦиСК Россельхозакадемии, 2013. 91 с.

Кулян Р.В., Самарина Л.С., Рахмангулов Р.С., Кикавский И.В., Алехна А.И. Генетические ресурсы цитрусовых культур в России, Украине и Беларуси: хранение и использование // Вавиловский журнал генетики и селекции. 2017. Т. 21, № 5. С. 506–514. DOI: 10.18699/VJ17.21-0

ОЦЕНКА КОЛЛЕКЦИИ ОЗИМОЙ ТРИТИКАЛЕ НА НИЗКОСТЕБЕЛЬНОСТЬ В УСЛОВИЯХ ЦЕНТРАЛЬНОГО РЕГИОНА НЕЧЕРНОЗЕМНОЙ ЗОНЫ РОССИИ

Н.Н. Лангаева^{1,2}, В.С. Рубец¹

¹Российский государственный аграрный университет –
МСХА им. К.А. Тимирязева, Москва, Россия, e-mail: natalalangaeva@gmail.com,
valentina.rubets50@gmail.com

²Главный ботанический сад им. Н.В. Цицина Российской академии наук, Москва,
Россия, e-mail: natalalangaeva@gmail.com

EVALUATION OF THE WINTER TRITICALE COLLECTION FOR DWARFNESS UNDER CONDITIONS OF THE CENTRAL NON-CHERNOZEM ZONE OF RUSSIA

N.N. Langaeva^{1,2}, V.S. Rubets¹

¹Timiryazev State Agrarian University, Moscow, Russia, e-
mail: natalalangaeva@gmail.com, valentina.rubets50@gmail.com

²Tsitsin Main Botanical Garden of Russian Academy of Sciences, Moscow, Russia,
e-mail: natalalangaeva@gmail.com

Одним из лимитирующих факторов недобора урожая у тритикале является полегание посевов. Оно приводит к снижению фотосинтетической способности, повышает степень подверженности к патогенам, ухудшает налив зерна и существенно затрудняет уборку (Дубовец и др., 2014). В настоящее время в мировой коллекции тритикале преимущественно преобладают высокостебельные сорта. В связи с этим существует потребность в создании низкостебельных (до 120 см) сортов с потенциально высокой продуктивностью (Ворончихина и др., 2021). Одним из способов повышения эффективности селекции тритикале на устойчивость к полеганию является использование в гибридизации отобранных сортов в качестве родительских форм (Ковтуненко, 2009).

Изучено 37 сортообразцов озимой гексаплоидной тритикале различного эколого-географического происхождения для выделения генотипов, которые отличаются низкостебельностью. Средняя высота растений варьировала от 85,4 до 171,1 см. Было выявлено 23 образца, удовлетворяющие поставленную задачу.

Необходимо отметить, что условия вегетационного периода 2021–2022 гг. способствовали формированию высокого урожая зерна озимой тритикале. У некоторых сортов, несмотря на низкую высоту стебля, этот показатель был приближен к значению стандарта (стандартом выступал сорт ‘Немчиновская 56’). Необходимо особо отметить сорт ‘Адась’, урожайность которого была незначительно, но все же выше стандарта и составляла 13,15 т/га.

При проведении корреляционного анализа между урожайностью и высотой изученных нами сортообразцов озимой тритикале была выявлена незначительная отрицательная связь между данными показателями (рисунок). Стоит отметить, что такое влияние было детерминировано высокорослыми сортами (‘ОГМ 1’, ‘СНТ 7/94’, ‘Аккорд’), у которых из-за полегания разной степени была снижена урожайность. Если исключить данные сортообразца из общего массива при анализе, то график зависимости приобретет типичный вид положительной связи между данными признаками.

Создание высокоурожайных сортов обязательно включает в себя оценку устойчивости к полеганию. Практически все изученные сортообразцы обладали устойчивостью к полеганию в 2022 году. Исключение составили ‘ОГМ 1’, Линия 7, ‘Георг’

и Линия № 6 со средней степенью полегания, а также 'СНТ 7/94' и 'Аккорд' со слабой степенью полегания.

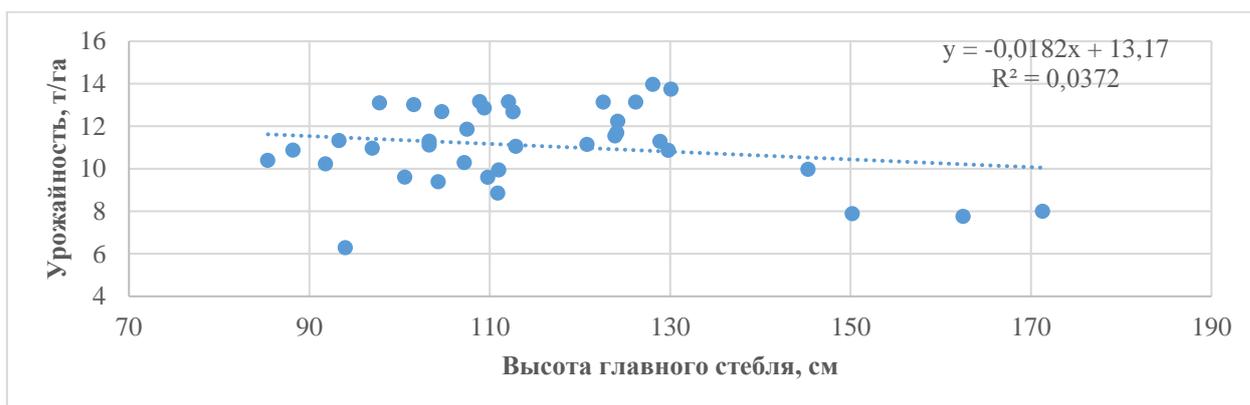


Рисунок. Зависимость высоты растений озимой тритикале и урожайности зерна

В заключении можно рекомендовать в качестве доноров низкостебельности с высокой урожайностью образцы: 'Праг 511', 'Alzo', 'Hewe', 'Раво', 'Адась', 'Микола', 'Арина'.

Список литературы

Ворончихина И.Н., Ворончихин В.В., Пыльнев В.В., Рубец В.С. Изучение устойчивости сортообразцов озимой тритикале к полеганию в условиях Центрального региона Нечерноземной зоны России // Тритикале. Вып. 9 : материалы заседания секции тритикале ОСХН РАН он-лайн «Тритикале. Селекция, генетика, агротехника и технологии переработки сырья», 9 июня 2020 г. Ростов-на-Дону : Издательство «Юг», 2021. С. 97–101. DOI: 10.34924/FRARC.2020.84.60.001

Дубовец Н.И., Гриб С.И., Сычева Е.А. Маркирование генов короткостебельности у гексаплоидных тритикале (*×Triticosecale wittmack*) // Биотехнологические приемы в сохранении биоразнообразия и селекции растений : сборник статей Международной научной конференции, Минск, 18–20 августа 2014 года. Минск : Центральный ботанический сад НАН Беларуси, 2014. С. 94–97.

Ковтуненко В.Я. Селекция озимой и яровой тритикале различного использования для условий Северного Кавказа : автореферат дис. ... доктора сельскохозяйственных наук / [Место защиты: Всероссийский научно-исследовательский институт риса]. Краснодар, 2009. 45 с.

**ИДЕНТИФИКАЦИЯ НАИБОЛЕЕ ЗНАЧИМЫХ АЛЛЕЛЕЙ ГЕНОВ *TAVP-1B*
И *TAMF-3A*, АССОЦИИРОВАННЫХ С УСТОЙЧИВОСТЬЮ
К ПРЕДУБОРОЧНОМУ ПРОРАСТАНИЮ, В ГЕНОФОНДЕ ИСХОДНОГО
СЕЛЕКЦИОННОГО МАТЕРИАЛА ОЗИМОЙ МЯГКОЙ ПШЕНИЦЫ
(*T. AESTIVUM* L.)**

**О.С. Матиевская¹, В.Е. Шимко¹, И.С. Гордей¹, О.М. Люсиков¹, Е.Б. Бондаревич¹,
С.И. Гордей², И.В. Сацюк²**

¹Институт генетики и цитологии Национальной академии наук Беларуси, Минск,
Республика Беларусь, e-mail: o.matieuskaya@igc.by

²РУП «Научно-практический центр НАН Беларуси по земледелию», Жодино, Республика
Беларусь

**SCREENING OF THE INITIAL BREEDING MATERIAL OF COMMON WHEAT
(*T. AESTIVUM* L.) FOR THE MOST SIGNIFICANT ALLELES OF *TAVP-1B*
AND *TAMF-3A* GENES ASSOCIATED WITH RESISTANCE TO PRE-HARVEST
SPROUTING**

**O.S. Matievszkaya¹, V.E. Shymko¹, I.S. Gordej¹, O.M. Lyusikov¹, E.B. Bondarevich¹,
S.I. Gordej², I.V. Satsuk²**

¹Institute of Genetics and Cytology of the National Academy of Sciences of Belarus, Minsk,
Republic of Belarus, e-mail: o.matieuskaya@igc.by

²Research and Practical Centre of the National Academy of Sciences of Belarus for Arable
Farming, Zhodino, Republic of Belarus

Предуборочное прорастание (PHS, preharvest sprouting) является одной из наиболее распространенных проблем культурных злаков практически во всех регионах возделывания (Vetch, 2019). В отдельные годы ущерб от прорастания на корню достигает 30–40%, принося значительные убытки.

Прорастание семян контролируется множеством генов, но главным образом зависит от покоя семян.

Одним из основных известных генов, детерминирующих покой семян у пшеницы (*Triticum aestivum* L., *T. durum* L.), является *TaVp1* – гомолог *Viviparous-1* кукурузы и ортолог *ABA Insensitive 3* арабидопсиса), локализованный на длинных плечах хромосом 3A, 3B и 3D. У устойчивых к PHS сортов соответствующие аллели *TaVp1* кодируют эмбрион-специфичный фактор транскрипции фактора покоя. У чувствительных к PHS сортов пшеницы роль данных генов значительно снижена в результате мутаций ошибочного сплайсинга в интронах. На сегодняшний день установлены по крайней мере пять аллелей *Vp-1A* и *Vp-1B*, связанных с PHS, у *Vp-1D* аллельные варианты не обнаружены.

Устойчивость к предуборочному прорастанию ассоциирована с рядом QTL. Одним из наиболее значимых (до 60% фенотипической вариации с PHS) является локус *TaPHS1* (*TaMFT-3A*), участвующий в покое семян при низкой температуре. Он локализован на хромосоме 3A(S) в составе основного QTL покоя семян *QPhs.ocs-3A.1*, обнаруженного во многих исследованиях. Кандидатный эффекторный ген *TaMFT-3A* локуса обозначили как *TaPHS1*, так как в отличие от гомолога *AtMFT* у *Arabidopsis thaliana*, участвующего в контроле времени цветения, у пшеницы он имел подтвержденный биологический эффект именно на устойчивость к прорастанию.

Целью данного исследования являлся анализ 30 линий озимой мягкой пшеницы для установления аллельного состава по описанным выше генам.

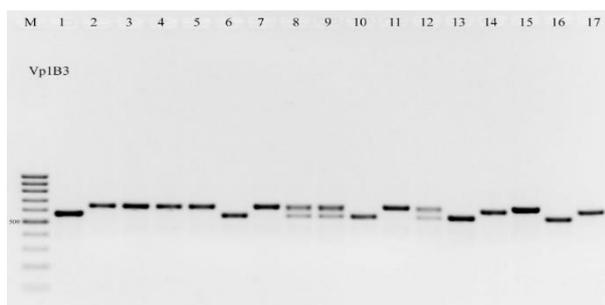
Для детекции наиболее значимых по вкладу в устойчивость к PHS аллелей гена *TaVp1* – *Vp-1Ba/b/c* (*Vp-1B*) – использовали разработанный Yang et al. (2014) кодоминантный STS-маркер *Vp1B3*, позволяющий по размеру амплифицируемого

фрагмента идентифицировать как резистентный PhsR-аллель дикого типа *Vp-1Ba* (652 пн), так и наиболее распространенные чувствительные мутантные PhsS-аллели – *Vp-1Bb* с инсерцией 193 пн (845 пн) и *Vp-1Bc* с делецией 83 пн (569 пн) (Yang et al., 2014). Для анализа по гену *TaMFT-3A* использовали разработанный Nakamura et al. (2011) геноспецифический маркер *TaPHS1-SNP* (-222) (Nakamura et al., 2011). Полученный в результате амплификации фрагмент длиной 850 пн проверяли рестрикционным анализом по сайту связывания *ClaI* на наличие мутации в положении -222, повышающей устойчивость к предуборочному прорастанию у одомашненных форм пшеницы.

В результате проведенных исследований в анализируемом материале выявили два типа аллелей гена *TaVp-1B* – PHS-резистентный аллель дикого типа *Vp-1Ba* и PHS-чувствительный аллель *Vp-1Bc* с делецией. Большинство линий исследуемой коллекции были однородны по носительству одного из указанных аллелей, причем 24 имели резистентный аллель *Vp-1Ba* дикого типа, и только 4 были гомоморфны по чувствительному аллельному варианту *Vp-1B* с делецией. Две формы в коллекции оказались неоднородны по аллельному составу образцов: 58% образцов линии 271/1-19 несли аллель *Vp-1Ba*, 17% – аллель *Vp-1Bc* и 25% – были представлены гетерозиготами *Vp-1Bc/Vp-1Ba*, а у линии 766/29-19 80% образцов относились к чувствительному аллельному варианту *Vp-1Bc* и 20% несли резистентный PHS-аллель *Vp-1Ba* (рисунок). По итогам рестрикционного анализа гена *TaMFT-3A* все исследуемые линии были однородны и содержали SNP дикого типа (фрагменты длиной порядка 430 пн) умеренной устойчивости к PHS. Здесь следует отметить, что, по литературным сведениям, мутантный аллель SNP-222 *TaPHS1* с высокой устойчивостью к PHS редко распространен в европейских сортах (0,5%), хотя преобладает в материале японского и, вероятно, восточно-азиатского происхождения.

Таким образом, перенос данного аллеля в отечественные сорта может способствовать повышению устойчивости к предуборочному прорастанию. Для более эффективного маркирования аллельных вариантов гена *TaMFT-3A*, связанных с PHS, на используемом в анализе материале следует использовать маркеры *TaPHS1-SNP1* (+646) и *TaPHS1-SNP2* (+666), более распространенные в сортах европейского происхождения.

Также необходимо использование маркеров к наиболее значимым аллелям других известных эффективных генов, связанных с вариацией признака PHS со сложным полигенным контролем (*TaMyb10*, *TaPHS1*, *TaMKK3-A*, *TaVP-1*).



М – маркер молекулярного веса М1000bp Праймтех™,
1 – Безостая 1, 2–12 – л. 271/1-19, 13–16 – л. 766/29-19, 17 – Мунк

Рисунок. Электрофореграмма разделения продуктов ПЦР с праймером *Vp1B3* у аллельно неоднородных форм мягкой пшеницы

Список литературы

Nakamura S., Abe F., Kawahigashi H., Nakazono K., Tagiri A., Matsumoto T., Utsugi S., Ogawa T., Handa H., Ishida H., Mori M., Kawaura K., Ogihara Y., Miura H. A Wheat Homolog

of MOTHER OF FT AND TFL1 Acts in the Regulation of Germination // *The Plant Cell*. 2011. Vol. 23. P. 3215–3229. DOI: 10.1105/tpc.111.088492

Vetch J.M., Stougaard R.N., Martin J.M., Giroux M.J. Revealing the genetic mechanisms of pre-harvest sprouting in hexaploid wheat (*Triticum aestivum* L.) // *Plant Science*. 2019. Vol. 281. P. 180–185. DOI: 10.1016/j.plantsci.2019.01.004

Yang Y., Zhang C.L., Liu S.X., Sun Y.Q., Meng J.Y., Xia L.Q. Characterization of the rich haplotypes of *Viviparous-1A* in Chinese wheats and development of a novel sequence-tagged site marker for pre-harvest sprouting resistance // *Molecular Breeding*. 2014. Vol. 33. P. 75–88. DOI: 10.1007/s11032-013-9935-8

ГЕНЕТИЧЕСКИЙ БАНК РАСТЕНИЙ БЕЛАРУСИ И ЭФФЕКТИВНОСТЬ ЕГО ИСПОЛЬЗОВАНИЯ В СЕЛЕКЦИИ

И.С. Матыс, Ф.И. Привалов, С.И. Гриб

РУП «Научно-практический центр НАН Беларуси по земледелию», Жодино, Республика Беларусь, e-mail: belgenbank@izis.by

PLANT GENE BANK OF BELARUS AND EFFICIENCY OF ITS USE IN BREEDING

I.S. Matys, F.I. Pryvalau, S.I. Grib

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

В связи с изменением климата на территории Беларуси также наблюдается процесс «осеверения» сельскохозяйственных растений. В последнее время здесь получили широкое распространение такие теплолюбивые сельскохозяйственные культуры, как кукуруза, площадь посева которой на силос и зерно превысила 1 млн га, причем 75% семян, включая отечественные гибриды, производятся в Беларуси. Посевы низкостойких культур озимого рапса достигли 400 тыс. га, озимого ячменя 150 тыс. га. В открытом грунте благодаря интродукции и селекции культивируются теплолюбивые культуры: арбуз, дыня, виноград, персик и др.

На современном этапе в Республике Беларусь основными приоритетами в селекции растений определены: создание сортов с повышенным потенциалом адаптивности к абиотическим и биотическим стрессорам, наряду с высокой продуктивностью, качеством, ресурсоэффективностью и экологической безопасностью продукции. Ведется целенаправленная работа по созданию систем адаптивных взаимодополняющих сортов по следующим направлениям: адаптированных к условиям изменения климата с широкой нормой сортовой реакции; высокопродуктивных для условий интенсивного растениеводства и точного земледелия; экологически безопасных для органического земледелия; целевого назначения для производства специализированных видов продукции. Успешная реализация приоритетных направлений селекции, в первую очередь, обусловлена наличием соответствующего генофонда растительных ресурсов.

Сформированная в 2000 году государственная программа «Генофонд растений» стала основой для сбора, изучения и использования генетических ресурсов растений в Республике Беларусь. Национальная коллекция генетических ресурсов растений Республики Беларусь насчитывает более 92,0 тыс. образцов, 1680 культурных видов и их диких сородичей. В РУП «Научно-практический центр НАН Беларуси по земледелию» проводятся целенаправленные научные исследования в этой области и созданы условия для надежного длительного хранения генетических коллекций хозяйственно полезных растений. В 2012 году собранные коллекции ресурсов растений были признаны объектами национального достояния, а в 2019 году Постановлением Совета Министров Республики Беларусь от 27.12.2019 г. № 924 переименованы в Национальный банк семян генетических ресурсов хозяйственно полезных растений РУП «Научно-практический центр НАН Беларуси по земледелию», который объявлен Национальным достоянием Республики Беларусь. РУП «Научно-практический центр НАН Беларуси по земледелию» является ведущим научно-исследовательским учреждением аграрной отрасли Беларуси, где постоянно совершенствуются современные подходы и направления исследований в области селекции более чем 30 сельскохозяйственных культур, создан генбанк, где сохраняется более 51,0 тысячи коллекционных образцов 53 коллекции по 47 культурам, 10 семействам, 46 родам, 702 видам, 393 разновидностям, сгруппированных в составе активной, национальной базовой, целевых признаков, стержневых коллекций и уникальных образцов. Коллекционный фонд представлен коллекционными образцами

более чем из 126 стран мира. Созданный в Национальном банке семян генофонд растительных ресурсов служит «краеугольным камнем» создания белорусских сортов зерновых, кормовых и технических культур (Генетические ресурсы..., 2019).

В состав коллекций входят селекционные сорта, сортообразцы, гибриды, мутанты, генетические линии, местные, стародавние сорта зерновых, зернобобовых, крупяных, кормовых, масличных, технических, овощных, пряно-ароматических культур, дикие родичи природных популяций растений, целевые признаковые, стержневые коллекции хозяйственно полезных видов, имеющие мировое значение, как один из потенциальных источников и доноров уникальных признаков, сформированных в условиях белорусского региона.

В относительном выражении наибольший удельный вес в генбанке составляют образцы зерновых культур – 45,0%. Зернобобовые составляют 16,0% коллекционного фонда, масличные (крестоцветные) – 6,0%, крупяные – 4,0%, кормовые – 15,0% и прочие культуры – 14% (рисунок).

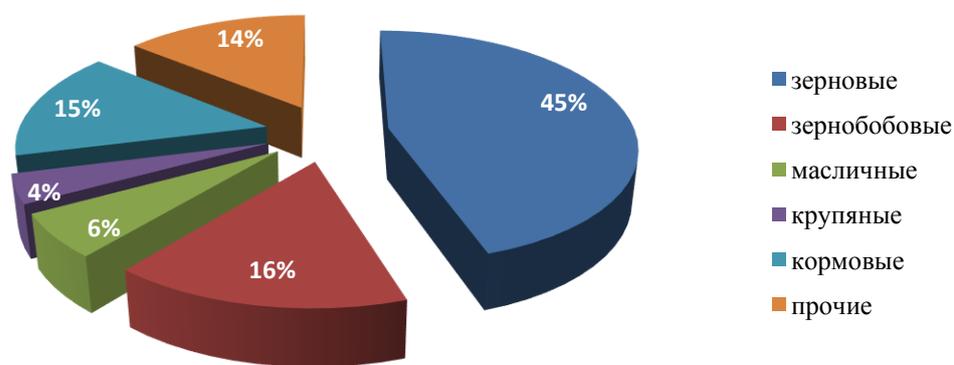


Рисунок. Удельный вес коллекционного фонда в генбанке, 2023 г., Республика Беларусь

Семенные коллекции по своему географическому происхождению включают коллекционные образцы 73 стран мира, 46% коллекционных образцов белорусского происхождения (Руководство по формированию..., 2018).

В генетическом банке также хранится более чем 1200 образцов 526 видов хозяйственно полезных растений природной флоры разного целевого назначения (кормовые, пищевые, лекарственные, технические, декоративные, фитомелиоративные и др.). Из них около 60% относится к диким родичам культурных растений. Наиболее представительной по численности является группа кормовых растений, в составе которой преобладают злаки и бобовые. В условиях генбанка сохраняется семенной материал 72-х видов, включенных в Красную книгу Республики Беларусь. Многие из них относятся к исчезающим и уязвимым.

Образцы генофонда, селекционный материал, созданные сорта растений оцениваются по широкому комплексу хозяйственно-биологических признаков полевыми и лабораторными методами. Используются генетико-биохимические и физиологические показатели оценки качества продукции и устойчивости растений к биотическим и абиотическим факторам среды, выделенные источники и доноры используются для целевого создания новых сортов. За последнее десятилетие достигнут значительный прогресс в создании признаковых коллекций, сформированы следующие признаковые коллекции: 25 коллекций зерновых, зернобобовых, крупяных и масличных культур: 2 коллекции озимой ржи (*Secale L.*), 9 пшеницы (*Triticum L.*), 1 озимого тритикале, 1 озимого ячменя (*Hordeum L.*), 6 кукурузы (*Zea mays L.*), 6 многолетних трав. За этот

период проведен анализ изученных в агроклиматических условиях Беларуси рабочих коллекций озимой пшеницы, поступившей из (СИММУТ) в рамках Глобальной программы по пшенице (Global Wheat Program), сформировано 5 признаковых коллекций (с высоким содержанием белка, короткостебельных, зимостойких, устойчивых к мучнистой росе). Созданы стержневые генетические коллекции люпина узколистного (*Lupinus angustifolius* L.), представляющие собой систему из 14-ти комплементарных компонентов по признакам: низкое содержание алкалоидов (до 0,06%) и быстрый темп начального роста (5–7 баллов); гороха полевого (*Pisum sativum* L.) по признаку белая окраска цветка (Купцов, 2013).

Сформированы признаковые коллекции ряда кормовых культур: райграса пастбищного по плоидности; фестулолиума по времени выбрасывания соцветия; полиплоидного райграса пастбищного по признаку высокой кормовой продуктивности. Сформированные признаковые коллекции позволяют селекционерам более эффективно подбирать гермоплазму и освобождают от необходимости многократной сортировки исходного селекционного материала. Актуальная современная задача при формировании целевых признаковых коллекций генетических ресурсов растений – широкое использование ДНК-маркеров, сцепленных с генами детерминирующих хозяйственно ценные признаки, для ускорения и повышения эффективности селекции.

В итоге многолетнего полевого и лабораторного изучения национального генофонда растительных ресурсов выделены доноры и источники ценных признаков и свойств растений, которые активно используются для реализации приоритетных направлений селекции. Материалы коллекций генетических ресурсов растений используются в первую очередь в селекционных целях при создании высокопродуктивных сортов сельскохозяйственных культур, с высоким качеством продукции, а также в познавательно-образовательном направлении.

Коллекции семян генбанка послужили исходным материалом для создания 425 сортов, в том числе 56 сортов созданы за последние пять лет. Таким образом, собранный генофонд ресурсов растений в РУП «Научно-практический центр НАН Беларуси по земледелию», разработанные современные методы селекции и полученные на их основе сорта обеспечивают надежный фундамент успешного развития отрасли растениеводства в стране. Коллекции семян Национального генбанка являются стратегическим ресурсом и основой устойчивого производства продукции растениеводства в Республике Беларусь, первоосновой создания новых высокопродуктивных отечественных сортов и гибридов, и по праву относятся к научным объектам Национального достояния.

Список литературы

Генетические ресурсы растений в Беларуси: мобилизация, сохранение, изучение и использование / РУП «Научно-практический центр НАН Беларуси по земледелию»; редакционная коллегия: Ф.И. Привалов (главный редактор), С.И. Гриб, И.С. Матыс [и др.]. Минск : Четыре четверти, 2019. 452 с.

Купцов Н.С., Привалов Ф.И., Матыс И.С. Биологический банк генов люпина узколистного *Lupinus angustifolius* L. / РУП «Научно-практический центр НАН Беларуси по земледелию». Минск, 2013. 95 с.

Руководство по формированию, сохранению и изучению коллекций генетических ресурсов растений в генетическом банке семян : методические рекомендации / Ф.И. Привалов, И.С. Матыс, А.Э. Авакян [и др.] / РУП «Научно-практический центр НАН Беларуси по земледелию». Минск : ИВЦ Минфина, 2018. 51 с.

**ПОДБОР ОПТИМАЛЬНЫХ УСЛОВИЙ ДЛЯ КАЛЛУСООБРАЗОВАНИЯ
ОБРАЗЦОВ ЗЕМЛЯНИКИ САДОВОЙ (*FRAGARIA* × *ANANASSA*)
ИЗ КОЛЛЕКЦИИ ВИР**

К.М. Межина, А.А. Харченко, Н.Г. Тихонова

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

**THE SELECTION OF OPTIMUM CONDITIONS FOR CALLUS FORMATION
IN STRAWBERRY (*FRAGARIA* × *ANANASSA*) ACCESSIONS FROM
THE VIR COLLECTION**

K.M. Mezhdina, A.A. Kharchenko, N.G. Tikhonova

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

Земляника садовая (*Fragaria* × *ananassa* Duch.) является одной из наиболее востребованных ягодных культур в сельском хозяйстве за счет ранних сроков созревания и вкусовых качеств. Общая мировая площадь культивирования земляники в 2021 год составила более 389 тыс га. Россия по показателю площадей возделывания занимает третье место в мире – 35466 га (URL:<https://www.fao.org/home/ru>).

Селекционные программы по изучению земляники направлены на улучшение хозяйственно ценных признаков, таких как повышение транспортабельности, засухо-, морозоустойчивости, увеличение урожайности, устойчивости к ряду патогенов и др. Методы классической селекции занимают продолжительное время, требуют достаточных финансовых затрат, поэтому сейчас все чаще применяется технология ускоренной селекции, наиболее перспективной является геномное редактирование с использованием системы CRISPR/Cas9. Использование данной технологии, позволяет улучшить уже существующие сорта, внося направленные мутации в генотип земляники. Наиболее важным этапом геномного редактирования растений является формирование эмбриоидов и регенерантов из отредактированных эксплантов растений. Оценка сортов по способности к регенерации, подбор оптимальных сред и типов эксплантов для эффективного каллусообразования могут служить исходным материалом для апробации технологии трансформации и геномного редактирования.

Для отработки методики из коллекции ВИР отобраны 4 образца земляники садовой, контрастные по вкусовому признаку. Для получения каллуса в качестве эксплантов были использованы листовые диски сортов 'Maryshka' (к-49747), 'Polka' (к-49714) и 'Купчиха' (к-49737), столоны сортов 'Polka' (к-49714) и 'Mieze Schindler' (к-49738). Стерилизация эксплантов проводилась с использованием раствора 10% Асе с экспозицией 15 минут с последующей трехкратной промывкой стерильной дистиллированной водой (Дунаева и др., 2017).

По литературным источникам были подобраны питательные среды для культивирования каллуса и методы стерилизации растительного материала.

В исследовании опробованы две питательные среды: № 1: Мурасиге и Скуга (MS) + 1,0 мг/л БАП + 1,0 мг/л 2,4-Д и № 2: MS + 1,5 мг/л БАП + 0,75 мг/л НУК.

Оптимальными условиями для образования каллуса является помещение пробирок в темноту, при температуре +25...+27°C и относительной влажностью 60–70% (Karim et al., 2011; Jiang et al., 2023; Irshad et al., 2023).

Метод стерилизации 10-процентным раствором Асе с экспозицией в 15 минут оказался эффективным для получения стерильного материала.

Результаты наших исследований показали, что каллус образовывался из различных типов эксплантов на обеих средах. У сорта 'Polka' образование каллуса наблюдалось на обеих

средах, но из разных типов эксплантов. У сорта 'Maryshka' отмечается образование каллуса в зависимости от состава питательной среды: каллус формировался на среде № 2. Столоны сорта 'Mieze Schindler' образовали каллус на среде № 1. У сорта 'Купчиха' каллусообразование на листовых дисках не наблюдалось.



Рис. 1, 2. Каллусообразование из листового диска и столонов. Сорт 'Polka'



Рис. 3. Каллусообразование из листового диска. Сорт 'Maryshka'

Выводы. Каллусообразование наблюдалось на трех сортах земляники садовой ('Polka' (К-49714), 'Mieze Schindler' (К-49738) и 'Maryshka' (К-49747)). Выявлено влияние состава питательной среды и типа эксплантов на образование каллуса. На листовых дисках сорта 'Купчиха' (К-49737) каллус не сформировался. Полученные данные могут являться основой для дальнейшего изучения регенерационной способности растений земляники садовой и в перспективе – для генетического редактирования растений.

Тезисы подготовлены в рамках государственного задания ВИР согласно тематическому плану НИР по теме № FGEM-2022-0011 «Разработка подходов ускоренной селекции для улучшения хозяйственно ценных признаков декоративных и ягодных культур».

Список литературы

Дунаева С.Е., Пендинен Г.И., Антонова О.Ю., Швачко Н.А., Ухатова Ю.В., Шувалова Л.Е., Волкова Н.Н., Гавриленко Т.А. Сохранение вегетативно размножаемых культур в *in vitro* и крио коллекциях : методические указания / под редакцией Т.А. Гавриленко. 2-е издание, расш. и доп. Санкт-Петербург : ВИР, 2017. 71 с.

Продовольственная и сельскохозяйственная организация объединенных наций : официальный сайт. URL: <https://www.fao.org/home/ru> (дата обращения: 11.05.2023).

Irshad M., Rukh S., Nabi G., Israr M., Ali S., Munsif F., Suhail M., Mohammad S., Rizwan H.M. Fruits of micropropagated strawberry (*Fragaria ananassa*) plants exhibited higher antioxidant metabolites as compared to *in vivo* grown plants // Pakistan Journal of Botany. 2023. Vol. 55, No 2. P. 727–737. DOI: 10.30848/PJB2023-2(40)

Jiang S., Ji Y., Wang M., Xue L., Zhao J., Zheng Y., Dai H., Lei J. Establishing a high-efficiency *in vitro* regeneration system for *Agrobacterium*-mediated transformation in *Fragaria nilgerrensis* // Fruit Research. 2023. Vol. 3. Article number: 9. DOI: 10.48130/FruRes-2023-0009

Karim M.R., Aziz M., Roy U.K., Hoque M., Monzur M. *In vitro* response of strawberry (*Fragaria x ananassa* Dutch.) for callus induction and shoot regeneration // International Journal of Agronomy and Agricultural Research. 2011. Vol. 1, No 1. P. 29–36.

КОМПЛЕКСНАЯ ОЦЕНКА ГЕНЕТИЧЕСКОЙ КОЛЛЕКЦИИ ТОМАТА И ОТБОР ЛИНИЙ УСТОЙЧИВЫХ К ОСНОВНЫМ ВРЕДНЫМ ОБЪЕКТАМ В УСЛОВИЯХ КРАСНОДАРСКОГО КРАЯ

С.Н. Нековаль, А.К. Чурикова, М.Н. Чернякович
Федеральный научный центр биологической защиты растений, Краснодар, Россия,
e-mail: s.nekoval@yandex.ru

COMPREHENSIVE ASSESSMENT OF THE TOMATO GENETIC COLLECTION AND SELECTION OF LINES RESISTANT TO THE MAIN HARMFUL OBJECTS IN THE CONDITIONS OF THE KRASNODAR TERRITORY

S.N. Nekoval, A.K. Churikova, M.N. Chernyakovich
Federal Research Center of Biological Plant Protection, Krasnodar, Russia,
e-mail: s.nekoval@yandex.ru

На базе ФГБНУ ФНЦБЗР в лаборатории биорациональных средств и технологий защиты растений для ведения экологизированного, ресурсосберегающего и органического сельского хозяйства ФГБНУ ФНЦБЗР, созданной в рамках научно-образовательного центра (НОЦ) Юга России в 2021 году, изучается, поддерживается и пополняется коллекция томата, собранная академиком А.А. Жученко. В коллекции насчитывается более 500 генетически идентифицированных мутантных линий. Сотрудниками проводится морфологическое описание и выбраковка несоответствующих заявленным признакам линий; скрининг коллекционных образцов томата на устойчивость к основным вредным объектам в условиях Краснодарского края (Нековаль и др., 2021).

Целью исследований является сохранение, изучение и пополнение предселекционных ресурсов томата источниками устойчивости к основным вредным объектам для значительного ускорения селекционного процесса и выведения сортов томата, удовлетворяющих требованиям современного рынка.

Была изучена интенсивность фотосинтеза (ИФ) и интенсивность транспирации (ИТ) ряда перспективных коллекционных линий томата, которые могут быть использованы селекционерами при выведении засухоустойчивых сортов. Выделены коллекционные линии, в листьях которых образуется большее количество хлорофилла *a* и каротиноидов, что расширяет адаптационные способности данных линий, указывая на толерантность растений к затенению (рис. 1) (Нековаль и др., 2020).



Рис. 1. Измерение фотосинтетической активности на листьях растений томата портативной

с

Дана биохимическая оценка плодов томата. Выделены линии, плоды которых обладают улучшенными вкусовыми качествами, с оптимальным сахаро-кислотным

коэффициентом, повышенным содержанием аскорбиновой кислоты, растворимых сухих веществ (Nekoval et al., 2020).

По результатам фитосанитарного мониторинга 2018–2022 гг. отмечено поражение растений томата патогенами, вызывающими альтернариоз (*Alternaria alternata* (Fr.) Keissl.), фитофтороз (*Phytophthora infestans*), фузариозное увядание (*Fusarium* sp.), вертициллезное увядание (*Verticillium* sp.), черную плесень (*Aspergillus niger* Tieghem), вирус табачной мозаики (*Tomato mosaic virus*), кладоспориоз (*Cladosporium fulvum* Cooke). Иммунологический анализ мутантных линий в лабораторных условиях позволил выделить устойчивые и относительно устойчивые генотипы. Наименьшую восприимчивость к *A. alternata* продемонстрировали линии 17, 40, 159, 418, 916 (поражение листовой пластины составило 4,1–16,1%). Линия 159 проявила устойчивость к картофельным расам и 1,7 мм, соответственно) и изолятом *A. alternata* (радиус некроза составил 5,3 мм). Различия между мутантными линиями томата по параметрам, определяющим устойчивость или восприимчивость генотипов к *A. alternata* и расам *P. infestans* (радиус и диаметр некроза, оказались незначительными) (Нековаль и др., 2020).

Проводятся исследования по устойчивости коллекционных образцов к *Meloidogyne* spp. классическими и молекулярными методами (рис. 2).



Рис. 2. Корень и растение мутантной линии томата, восприимчивой к *Meloidogyne* spp.

Результаты комплексной оценки генетической коллекции томата вносятся в зарегистрированную в Федеральном институте промышленной собственности базу данных. Каждая линия томата охарактеризована более чем по 50 параметрам, имеет фотокаталог с авторскими иллюстрациями, что может помочь селекционеру в выборе предселекционных ресурсов для создания сортов с заданными параметрами.

Исследования выполнены согласно Государственному заданию Министерства науки и высшего образования РФ в рамках НИР по теме № FG RN-2021-0001.

Список литературы

Нековаль С.Н., Захарченко А.В., Садовая А.Е., Чурикова А.К., Федорянская И.С. Выявление новых источников устойчивости томата к штаммам *A. alternata* // Достижения науки и техники АПК. 2021. Т. 35, № 9. С. 31–36. DOI: 10.53859/02352451_2021_35_9_31

Нековаль С.Н. Садовая А.Е., Беляева А.В. Новые источники устойчивости томата к наиболее вредоносным патогенам для условий Краснодарского края // Достижения науки и техники АПК. 2020. Т. 34, № 10. С. 67–72. DOI: 10.24411/0235-2451-2020-11010

Nekoval S.N., Belyaeva A.V., Churikova A.K., Lysko I.A. Features of tomato (*Lycopersicon esculentum*) seed formation in fruits of intraspecific and interspecific hybrids and their parental forms // Research on Crops. 2020. Vol. 21, No 4. P. 719–728. DOI : 10.31830/2348-7542.2020.113

СОЗДАНИЕ ДАТА-ПЛАТФОРМЫ СЕТЕВОЙ КОЛЛЕКЦИИ ГРП ПЛОДОВЫХ И ЯГОДНЫХ КУЛЬТУР

Л.Ю. Новикова

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

CREATION OF A DATA PLATFORM FOR A NETWORK COLLECTION OF FRUIT AND BERRY CROP GENETIC RESOURCES

L.Yu. Novikova

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

Консолидация разноплановых географически распределенных баз данных (БД) генетических ресурсов растений (ГРП) обусловлена беспрецедентным накоплением данных о биоразнообразии с одной стороны и развитием методов сбора и анализа больших массивов данных с другой. Современным методом интегрирования данных является создание дата-платформы (ДП). Основой работы с разными типами данных ГРП является паспортная база, содержащая информацию, позволяющую однозначно идентифицировать образец. С учетом международных стандартов генных банков и баз данных ГРП, в частности, европейской БД EURISCO, был создан универсальный паспортный дескриптор образца ГРП и система словарей, нормализующих ряд ключевых полей: географические названия, названия организаций, таксономию культур и др. Паспортная база сохраняемой в ВИР мировой коллекции ГРП существует в открытом Интернет-доступе с 2003 г., ее основой является модифицированный дескриптор EURISCO и расширенная система словарей. Другие организации – держатели коллекций ГРП РФ – имеют свои БД, однако в РФ до настоящего момента не было консолидированной паспортной базы данных ГРП разных организаций. Одной из задач проекта «Национальная сетевая коллекция генетических ресурсов растений для эффективного научно-технологического развития РФ в сфере генетических технологий» (Проект) является создание современной отечественной ДП ГРП. Цель работы – создание программных средств и информационное наполнение нормализованной консолидированной паспортной базы ГРП распределенной сетевой коллекции на примере плодовых и ягодных культур нескольких организаций.

Создание ДП ГРП нескольких организаций потребовало новых концептуальных, программных и организационных решений, отраженных в архитектуре ДП (рисунок). Была разработана концепция уникального в масштабах РФ идентификатора образца NICODE (National Inventory CODE). Он представляет собой 20-значное число, первые 5 цифр определяют код организации по словарю организаций ВИР, следующие 5 – код культуры по словарю ВИР, следующие 10 – номер образца в коллекции организации-держателя. Определены основные роли пользователей ДП ГРП, их функционал и личные кабинеты: Куратор коллекции, Менеджер организации, Редактор словарей, Методический специалист. Стандартизация информации ряда ключевых полей потребовала решения задач маршрутизации вносимой информации с прохождением через фильтры словарей, разработки статусной модели записи, организации процедуры актуализации словарей. Предусмотрена работа как с отдельной записью (добавление, редактирование, удаление), так и с блоками информации. Реализован модуль Импорт, предназначенный для загрузки блока новых данных через систему форматно-логического контроля и систему словарей. Прошедшие записи получают статус «загружено», не прошедшие – «ошибки импорта». Ошибки импорта попадают в специальную форму с маркированием ошибочных полей и сервисом корректировки с системой подсказок. Написаны инструкции и шаблоны для внесения данных с использованием модуля. Реализован модуль Хранение,

обеспечивающий дата-аналитику мест и типов хранения распределенной коллекции. Личный кабинет Администратора насыщен возможностями раздачи прав зарегистрированным пользователям в соответствии с ролями. В личном кабинете Куратора разработана система отчетов, в том числе сводки по таксономии, географии, местам, типам, срокам хранения образцов коллекции Куратора. Определен маршрут новых данных для словарей, кураторы и менеджеры, которые могут вносить изменения в словари. Актуализированы словари ВИР (таксономический +153 записи, географический +3, организаций +4, культур +8 записей). Проведено тестирование программ конечными пользователями и исправлены выявленные ошибки.

Разработанная ДП позволила создать консолидированную нормализованную БД распределенной сетевой коллекции плодовых и ягодных культур участников Проекта из 16555 образцов, с которыми они участвуют в Проекте: ВИР – 12206 образцов, ВНИИСПК – 2155, СКФНЦСВВ – 1216, ФНЦ им. И.В. Мичурина – 161, ФНЦ садоводства – 769, ФИЦ СНЦ РАН – 48 образцов, доступная в Интернет (<http://db.vir.nw.ru/virdb/maindb>). ДП ГРР обеспечивает поиск образцов по нескольким организациям, оценку коэффициента дублирования образцов сетевой коллекции, стандартизованное информационное пространство, совместимость и сопоставимость с международными базами данных, надежное хранение информации, дружелюбный пользовательский интерфейс, повышение доступности информации для пользователей вне организаций-держателей.

В результате реализации Проекта за 2021–2022 гг. впервые в РФ построена Дата-Платформа паспортных данных ГРР, в которой собраны и опубликованы в открытом доступе данные плодовых и ягодных культур шести организаций с возможностью поиска и дата-аналитики по всем организациям. Дальнейшими направлениями работы является создание модулей описательных и оценочных характеристик образцов.

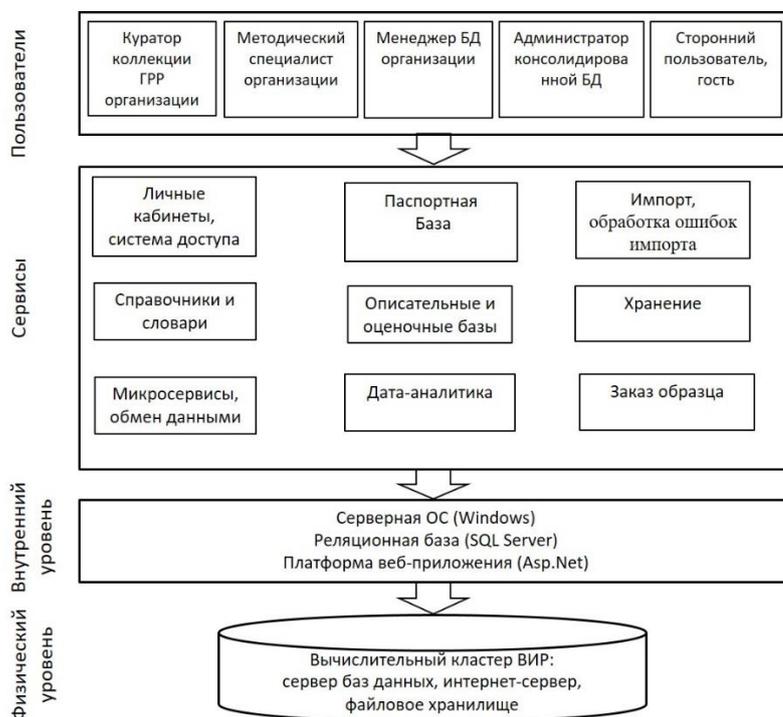


Рисунок. Архитектура консолидированной Дата-Платформы ГРР

Работа выполнена в рамках проекта «Национальная сетевая коллекция генетических ресурсов растений для эффективного научно-технологического развития РФ в сфере генетических технологий».

ИЗМЕНЧИВОСТЬ ЧИСЛА ПАДЕНИЯ У ОБРАЗЦОВ ЯРОВОЙ МЯГКОЙ ПШЕНИЦЫ В ЗАВИСИМОСТИ ОТ ГЕОГРАФИЧЕСКОЙ ТОЧКИ ВОЗДЕЛЫВАНИЯ

Н.С. Обухова, М.В. Соловьева, И.А. Кибкало

Федеральный исследовательский центр Всероссийский институт генетических ресурсов растений имени Н.И. Вавилова, Санкт-Петербург, Россия, e-mail: n.obuhova@vir.nw.ru

THE FALLING NUMBER VARIATION IN SPRING COMMON WHEAT ACCESSIONS DEPENDING ON THE GEOGRAPHICAL LOCATION OF CULTIVATION

N.S. Obukhova, M.V. Solovyova, I.A. Kibkalo

N.I. Vavilov All-Russian Institute of Plant Genetic Resources, St. Petersburg, Russia, email: n.obuhova@vir.nw.ru

Пшеница является одной из основных продовольственных культур в мире занимающая самую большую посевную площадь. В России пшеница является основной продовольственной культурой. Мука, полученная из зерна пшеницы, идет на выпечку хлеба и производство различных макаронных и кондитерских изделий (Фурсов, 2018). Одним из основных факторов при получении качественного хлеба и остальных хлебопекарных изделий является состояние углеводно-амилазного комплекса, который образуется при суспензировании муки с водой. Амилаза – это фермент который ускоряет расщепление крахмала с образованием сахара. Под воздействием данного фермента образуются сахара и выделяется газ, благодаря чему хлеб получается пористый (Бакаева и др., 2017). Одним из стандартных критериев состояния углеводно-амилазного комплекса муки из зерна пшеницы является показатель числа падения (ЧП – время в секундах, необходимое для свободного падения штока-мешалки прибора под действием своей массы в клейстеризованной водно-мучной суспензии, характеризующее альфаамилазную активность зерна и продуктов его переработки, качественные свойства крахмала) (ГОСТ 20081-74..., 2010).

Целью данной работы являлось определение ЧП в пробах пшеницы выращенной в трех регионах РФ.

Исследования проводились на 186 образцах пшеницы, выращенной в трех регионах РФ (Ленинградская область, Омск и Самара). При помощи мельницы ЛМТ-1 из проб зерна получали цельносмолотую муку. Показатель ЧП определяли по ГОСТ ISO 3093-2016 «Зерно и продукты его переработки. Определение числа падения методом Хагберга-Пертена» (ГОСТ ISO 3093-2016..., 2016) на приборе ПЧП-7.

По выраженности числа падения, характеризующего состояние углеводно-амилазного комплекса, изучаемые сортообразцы яровой мягкой пшеницы значительно различались (F) во всех трех географических пунктах возделывания. Однако, судя по пределам варьирования и средним значениям по опыту (таблица), условия произрастания в Самарской области значительно отличались от двух других географических локаций. Стоит предположить, что условия выращивания в Пушкине и особенно в Омской области способствовали провокации амилазной активности. Так, среди образцов, выращенных в ЛО, 1% были с показателем ЧП ниже 100 секунд и 7% ниже 150 секунд. Среди образцов, выращенных в Омской области, такие составили 15 и 23% соответственно. В материале, выращенном в условиях Самарской области, не было выявлено образцов с ЧП ниже 150 секунд. Скорее всего, фактором, провоцирующим амилазную активность, стали осадки в период созревания зерна.

Стоит отметить, что даже при исключении из выборок образцов с числом падения ниже 150 с, дифференциация по этому показателю сохранялась на высоком уровне, что является проявлением генетической детерминации этого признака.

Таблица. Структура сортообразцов яровой мягкой пшеницы по числу падения в зависимости от географической точки выращивания

Структурные показатели	Географический пункт		
	Пушкин (ЛО)	Омская область	Самарская область
Пределы варьирования	61–478	60–460	150–524
Среднее значение по опыту	293,1	240,4	343,2
Количество образцов с ЧП меньше 100 с, %	1	15	0
Количество образцов с ЧП меньше 150 с, %	7	23	0

Полученные данные свидетельствуют о том, что показатель ЧП, характеризующий состояние углеводно-амилазного комплекса, в значительной степени подвержен изменениям в зависимости от условий выращивания зерна, однако вместе с тем он обладает высокой дифференцирующей способностью как по отзывчивости генотипов пшеницы на амилазную провокацию, так и по качеству крахмала у образцов, относительно устойчивых к подобной провокации.

Работа выполнена в рамках соглашения № 075-15-2022-323 от 21.04.2022 о предоставлении гранта в форме субсидий из федерального бюджета на осуществление государственной поддержки создания и развития научного центра мирового уровня «Агротехнологии будущего» при поддержке Минобрнауки России.

Список литературы

Бакаева Н.П., Салтыкова О.Л., Коржавина Н.Ю. Состояние углеводно-амилазного комплекса зерна озимой пшеницы разных сортов в зависимости от обработки микроудобрениями жусс в сочетании с азотными удобрениями // Известия Самарской государственной сельскохозяйственной академии. 2017. № 1. С. 30–34.

ГОСТ 20081-74. Семеноводческий процесс сельскохозяйственных культур. Основные понятия. Термины и определения : издание официальное : дата введения 1975-07-01. Москва, 1975. 28 с. URL: <https://meganorm.ru/Index2/1/4294833/4294833211.htm> (дата обращения: 10.05.2023).

ГОСТ ISO 3093-2016. Зерно и продукты его переработки. Определение числа падения методом Хагберга — Пертена : издание официальное : дата введения 2017-07-01. Москва, 2016. 12 с. URL: <https://meganorm.ru/Data2/1/4293751/4293751055.pdf> (дата обращения: 10.05.2023).

Фурсов С. Роль пшеницы в реализации экспортного потенциала зернового рынка на основе достижений селекции // АПК: экономика, управление. 2018. № 5. С. 44–51.

ДИФФЕРЕНЦИАЦИЯ СОРТОВ ЗЕМЛЯНИКИ ПО ЗИМОСТОЙКОСТИ В КОНТРОЛИРУЕМЫХ УСЛОВИЯХ

А.А. Харченко, Н.Г. Тихонова, Л.Ю. Новикова

Федеральный исследовательский центр Всероссийский институт генетических ресурсов растений имени Н.И. Вавилова, Санкт-Петербург, Россия, e-mail: akkhara47@yandex.ru

DIFFERENTIATION OF STRAWBERRY CULTIVARS BY WINTER HARDINESS UNDER CONTROLLED CONDITIONS

A.A. Kharchenko, N.G. Tikhonova, L.Yu. Novikova

N.I. Vavilov All-Russian Institute of Plant Genetic Resources, St. Petersburg, Russia,
email: akkhara47@yandex.ru

Земляника садовая (*Fragaria × ananassa* Duch.) – культура с невысокой морозостойкостью. Повреждение растений земляники отрицательными температурами является одним из основных факторов снижения урожайности и качества урожая в регионах с умеренным климатом. В условиях Северо-Запада РФ основными факторами риска являются понижение температуры почвы ниже -8°C , небольшая (до 20 см) высота снежного покрова (Харченко и др., 2023). Основными повреждающими факторами являются низкие температуры в начале зимы, когда земляника не успела закалиться, и в конце, когда она вышла из состояния покоя и устойчивость ее резко снизилась (Зубкова, Ожерельева, 2019). Цель исследования: скрининг образцов земляники из коллекции ВИР по нескольким элементам зимостойкости.

Исследованы 17 образцов из коллекции ВИР различного эколого-географического происхождения, включая сорта, дикие виды и межвидовые гибриды. За основу определения морозостойкости взята методика ВНИИСПК (Ожерельева и др., 2019). Закаливание и моделирование повреждающих факторов зимнего периода проводили в климатической камере отечественного производства ПРО КТВХ-70/150-1000. Растения с ноября были помещены на -2°C . Для исследования были использованы четыре температурных режима: 1) январь – закаливание, промораживание при -20°C ; 2) январь, оттепель, -10°C ; 3) январь, оттепель, -15°C ; 4) март, оттепель, -15°C . Закаливание проводилось 5 дней при -3°C , затем 5 дней при -5°C . Оттепель – три дня $+5^{\circ}\text{C}$. Промораживание проводилось экспозицией 6 часов при заданной температуре. После промораживания растения отращивались 2 недели при температуре $+18...+20^{\circ}\text{C}$, после чего степень поражения определялась по степени побурения на срезе рожков и корневищ по 5-балльной системе (0 – нет признаков поражения, 5 – растение полностью погибло). Кроме того, для трех образцов исследована морозостойкость в двух дополнительных опытах: март, без оттепели, -15°C ; март, без оттепели, -25°C . Для каждого режима промораживания растения отбирали в 5-кратной повторности. Статистический анализ проведен в пакете Statistica 13.3 критериями Краскела-Уоллиса и Вилкоксона, рассчитаны корреляции по Спирмену.

Сравнение температурных режимов. В январе после закаливания и промораживания при -20°C средний балл поражения составил 3,1, варьируя по образцам от 0 до 5 баллов (рисунок). После январской оттепели образцы сохранили способность выдерживать -10°C , средний балл поражения остался 3,1 (от 0 до 4,1) балла. Промораживание при -15°C после оттепели в январе достоверно повысило балл поражения до 3,7 (от 0,6 до 4,4). К марту растения снизили устойчивость к оттепелям, при промораживании на -15°C после оттепели балл поражения повысился до 4,4 балла (от 2,5 до 4,9). Дополнительные промораживания в марте трех образцов продемонстрировали, что оттепель в марте увеличивает поражение морозом -15°C на 0,9 балла, в среднем по трем образцам балл поражения без оттепели в марте был 3,6, с оттепелью 4,4 балла. Температура -25°C практически фатальна в марте для земляники, образцы показали поражение от 3,7 до 4,5 баллов.

Сравнение образцов. Во всех четырех опытах различия между устойчивостью сортов были достоверны на уровне значимости $p < 0,001$. Между баллом поражения образцов температурными режимами 1–3 существует достоверная положительная корреляция средней силы, от 0,55 до 0,61, а поражение в режиме 4 не имело достоверных корреляций с другими режимами. Наиболее высокой морозостойкостью в режиме 1 характеризовались к-49726 (*F. orientalis* Losinsk), к-49728 (*F. orientalis* Losinsk), к-49719 (*F. mandshurica* Staudt) (балл поражения меньше 1), при этом после оттепелей балл поражения стал выше 2. Для оценки комплексной устойчивости образца был рассчитан средний балл повреждения во всех четырех режимах, и на рисунке образцы расположены в порядке возрастания среднего балла. Наиболее высокой комплексной зимостойкостью (см. рисунок) характеризовались 7 образцов из азиатской части России, имевшие средний балл от 1,6 до 3,7. Образцы из Европы и европейской части России (и южноамериканский образец) показали средний балл поражения от 3,9 до 4,5. Различие средней устойчивости групп из Азии и Европы достоверно для комплексной устойчивости и режимов 1–3 групп ($p < 0,020$) и недостоверно для режима 4 ($p = 0,100$). В марте образцы из азиатской части России показали значительную вариабельность по устойчивости к оттепели, от 2,5 до 5,0 баллов, в то время как все европейские характеризовались высоким поражением, от 4,3 до 5,0 баллов.

Наиболее устойчивыми к комплексу неблагоприятных условий зимы, таких как низкие отрицательные температуры в середине зимы, оттепели и последующие морозы в январе и марте оказались образцы сибирского происхождения. Однако по устойчивости к оттепели в марте сибирские образцы были различны.

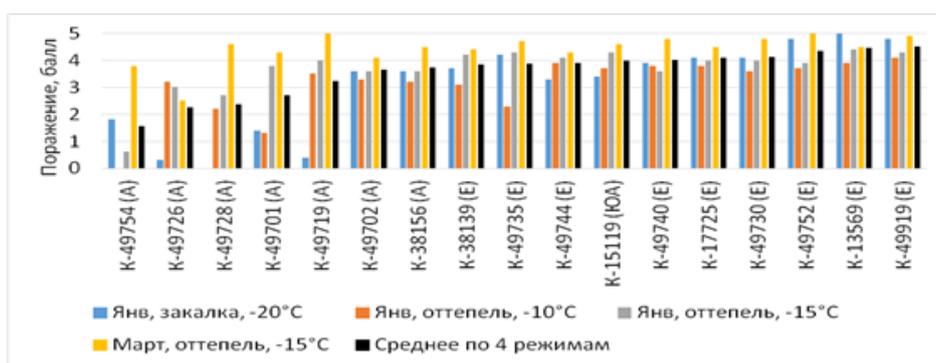


Рисунок. Устойчивость 17 образцов земляники к разным режимам изменения температуры в контролируемых условиях. В скобках отмечено происхождение образцов: А – Азиатская часть России, Е – Европа, ЮА – Южная Америка

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.

Список литературы

- Зубкова М.И., Ожерельева З.Е. Некоторые аспекты зимостойкости земляники садовой // Современное садоводство. 2019. № 1. 60–74. DOI: 10.24411/2312-6701-2019-10107
- Ожерельева З.Е., Прудников П.С., Зубкова М.И., Кривушина Д.А., Князев С.Д. Определение морозостойкости земляники садовой в контролируемых условиях : методические рекомендации. Орел : ВНИИСПК, 2019. 25 с.
- Харченко А.А., Новикова Л.Ю., Худоногова Е.Г. Зависимость зимостойкости земляники садовой от температуры почвы в Северо-Западном регионе России // Вестник ИрГСХА. 2023. № 114. С. 49–58. DOI: 10.51215/1999-3765-2023-114-49-58

НЕКОТОРЫЕ ОСОБЕННОСТИ ВВЕДЕНИЯ В КУЛЬТУРУ *IN VITRO* И МИКРОКЛОНАЛЬНОГО РАЗМНОЖЕНИЯ СОРТОВ ЧЕРНОЙ СМОРОДИНЫ СЕЛЕКЦИИ ПОС ВИР

А.Б. Хвостова

Федеральный исследовательский центр Всероссийский институт генетических ресурсов растений имени Н.И. Вавилова, Полярная опытная станция – филиал ВИР, Апатиты, Россия, e-mail: vir.apatity@vir.nw.ru

SOME SPECIFIC FEATURES OF TRANSFER INTO *IN VITRO* CULTURE AND CLONAL MICROPROPAGATION OF BLACK CURRANT VARIETIES BRED AT THE VIR POLAR EXPERIMENT STATION

A.B. Khvostova

N.I. Vavilov All-Russian Institute of Plant Genetic Resources, Polar Experimental Station of VIR, Apatity, Russia, e-mail: vir.apatity@vir.nw.ru

В настоящее время в полевых условиях в коллекции ягодных культур Полярной опытной станции – филиала ВИР (ПОС ВИР) в живом виде поддерживается 7 сортов черной смородины, созданные сотрудниками станции ('Имандра', 'Кольский Сувенир', 'Мурманчанка', 'Памяти Бредова', 'Подарок Заполярья', 'Северное Сияние', 'Сюрприз Елсаковой') и 5 сортов красной смородины ('Светлана', 'Сережка', 'Татьяна', 'Лапландия', 'Заря Заполярья'). Данные сорта занесены в Государственный реестр селекционных достижений. Они являются уникальными, устойчивыми к стрессовым условиям Арктической зоны Кольского Заполярья, самоплодными, имеют длительный период покоя, ранее 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.

Поддержание сортов черной смородины селекции ПОСВИР в коллекции *in vitro* обеспечит более надежную сохранность данного уникального генетического материала для дальнейшего изучения, оздоровления и получения чистого от вирусов посадочного материала.

Целью настоящей работы являлась разработка этапов введения и микроклонального размножения сортов черной смородины селекции ПОС ВИР.

Объектами исследования были 6 сортов ('Имандра', 'Кольский Сувенир', 'Мурманчанка', 'Памяти Бредова', 'Северное Сияние', 'Сюрприз Елсаковой') и 1 гибрид (Хибинская Поздняя) черной смородины селекции ПОС ВИР. Эксплантами для инициации культуры использовали изолированные апикальные и латеральные покоящиеся почки, а также почки в стадии зеленого конуса однолетних одревесневших побегов и молодых развивающихся побегов. В качестве стерилизующих агентов были испытаны раствор «Асе» в соотношении 1 : 9 и гипохлорит Na (17%) в соотношении 1 : 9 с предварительной обработкой 70% этанолом (10 с) и временем экспозиции 20 мин в обоих случаях.

Для предотвращения эффекта фенольного облака после стерилизации экспланты помещались в раствор аскорбиновой кислоты (3г/л) (Хромова, 2020).

Стерильные экспланты культивировались на питательной среде Мурасиге и Скуга (МС) (1962 г.) В качестве питательной среды для введения использовали протоколы сред для инициации смородины по Дунаевой с соавторами (Дунаева и др., 2017) (среда МС с добавлением 0,1 мг/л 6-БАП, 0,2 мг/л ГК) и малины по Л.Л. Бунцевичу с соавторами (Бунцевич и др., 2014) (среда МС с удвоенным содержанием хелата железа, витамины С – 1,0 мг/л, В1 – 1,0 мг/л, В6 – 0,5 мг/л, РР – 0,5 мг/л, инозитол – 100 мг/л, агар-агар – 8 г/л, без добавления глицина), 6-БАП тестировали в концентрациях 0,5 и 1 мг/л, сахарозу в концентрации 20 и 30 г/л. Культуры инкубировали при температуре 20°C, 16-часовом фотопериоде и интенсивности света 2000–2500 люкс.

В результате исследования было установлено, что на эффективность введения в культуру *in vitro* оказывают влияние сортовые особенности и способ стерилизации. В качестве эксплантов можно использовать как покоящиеся, так и развивающиеся почки. Для стерилизации более эффективным оказался вариант с гипохлоритом Na и предварительной обработкой 70-процентным этанолом. Процент прижившихся эксплантов варьировал в зависимости от сорта от 41% у сорта 'Мурманчанка' до 78% у гибрида Хибинская поздняя. На стадии инициации лучшие результаты показала среда по Бунцевичу – 66% выживших эксплантов. На питательной среде по Дунаевой все экспланты погибли в течении первых четырех недель. На стадии введения лучшие результаты показала питательная среда по Бунцевичу с содержанием сахарозы 20 г/л и 6-БАП 0,5 мг/л, однако культивирование более четырех недель приводит к хлорозу и увяданию побегов. Культивирование на питательной среде МС с содержанием 6-БАП – 1 мг/л и сахарозы 30 г/л позволяет продлить беспересадочное хранение до 8 недель. Достоверного различия в количестве и размере побегов при культивировании на питательной среде с концентрацией 6-БАП 0,5 и 1,0 мг/л и при концентрации сахарозы 20 и 30 г/л в различных их сочетаниях установить не удалось. Установлен средний коэффициент размножения среди всех введенных образцов черной смородины – 3,9.



Рисунок. Микроразмножение в культуре изолированных почек черной смородины на примере сорта 'Северное Сияние'

Таким образом, в результате проведенной работы в культуру был определен способ стерилизации и состав питательной среды для успешного введения в культуру *in vitro*, а также подобрана концентрация гормона 6-БАП для размножения и более длительного хранения при размножении сортов черной смородины селекции сотрудников Полярной опытной станции – филиала ВИР.

Список литературы

Бунцевич Л.Л., Беседина Е.Н., Костюк М.А., Макаркина М.В. Разработка составов питательных сред для индукции в культуру *in vitro* эксплантов сортов малины и крыжовника // Плодоводство и виноградарство юга России. 2014. № 28 (4). С. 46–55.

Дунаева С.Е., Пендинен Г.И., Антонова О.Ю., Швачко Н.А., Ухатова Ю.В., Шувалова Л.Е., Волкова Н.Н., Гавриленко Т.А. Сохранение вегетативно размножаемых культур в *in vitro* и крио коллекциях : методические указания / под редакцией Т.А. Гавриленко. Санкт-Петербург : ВИР, 2017. 71 с.

Хромова Т.М. Некоторые аспекты введения в культуру *in vitro* сортов смородины черной селекции ВНИИСПК // Вестник аграрной науки, 2020. № 4 (85). С. 31–36.

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ МЕТАБОЛОМНОГО ПРОФИЛЯ УСТОЙЧИВЫХ И НЕУСТОЙЧИВЫХ К ЛИСТОВЫМ БОЛЕЗНЯМ ОБРАЗЦОВ ВИДА *AEGILOPS TAUSCHII* COSS. КАК МОДЕЛЬ ДЛЯ ПОНИМАНИЯ МЕХАНИЗМОВ ИНГИБИРОВАНИЯ ПАТОГЕНЕЗА У ГЕНОТИПОВ D-ГЕНОМА

Н.Н. Чикида¹, Т.В. Шеленга¹, М.Х. Белоусова¹, П.С. Филиппова², Е.П. Чижевская², В.К. Чеботарь², В.Н. Пищик²

¹Федеральный исследовательский центр Всероссийский институт генетических ресурсов растений, Санкт-Петербург, Россия, e-mail: n.chikida@vir.nw.ru

²Всероссийский научно-исследовательский институт сельскохозяйственной микробиологии, Санкт-Петербург, Пушкин, e-mail: veronika-bio@rambler.ru

THE USE OF METABOLOMIC PROFILES OF *AEGILOPS TAUSCHII* COSS. ACCESSIONS RESISTANT AND NON-RESISTANT TO LEAF DISEASES AS A MODEL FOR UNDERSTANDING THE MECHANISMS OF PATHOGENESIS INHIBITION IN D-GENOTYPES

N.N. Chikida¹, T.V. Shelenga¹, M.H. Belousova¹, P.S. Filippova², E.P. Chizhevskaya², V.K. Chebotar², V.N. Pischik²

¹N.I. Vavilov All-Russian Institute of Plant Genetic Resources, St. Petersburg, Russia, e-mail: n.chikida@vir.nw.ru

²All-Russia Research Institute for Agricultural Microbiology, St. Petersburg, Pushkin, Russia, e-mail: veronika-bio@rambler.ru

Расширение генетического разнообразия доноров устойчивости для видов рода *Triticum* L. к биотическим факторам среды – актуальная задача, которую возможно решить благодаря использованию в селекционных программах дикорастущих родичей пшеницы, в частности *Aegilops tauschii* Coss., который является донором генома D мягкой пшеницы *T. aestivum* L. и носителем ряда ценных селекционных признаков. Это значительно облегчает скрещивание *Ae. tauschii* с мягкой пшеницей. Виды рода *Aegilops* L. являются донорами эффективных генов устойчивости пшеницы к грибным болезням. Так, от видов *Ae. tauschii* в геном *T. aestivum* успешно интрогрессированы гены, детерминирующие устойчивость мягкой пшеницы к возбудителям ржавчины.

Цель исследования – выявление различий по метаболомным профилям форм (генотипов) *Ae. tauschii*, устойчивых и неустойчивых к грибным патогенам и изучение эпифитного микробиома зерна *Ae. tauschii*, контрастных по устойчивости к бурой ржавчине для выделения бактерий с фунгицидными свойствами, перспективных для создания новых биопрепаратов.

Впервые изучен микробиом зерна *Ae. tauschii*, различающихся по устойчивости к бурой ржавчине. С устойчивых образцов изолированы и идентифицированы ростстимулирующие бактерии, отличающиеся высокой антагонистической активностью к фитопатогенам *Fusarium oxysporum*, Schltdl. *Bipolaris sorokiniana* (Sacc.) Shoemaker, *Septoria nodorum* (Berk.) Berk., *Puccinia recondita* Roberge ex Desm., перспективные для создания новых биопрепаратов с фунгицидной активностью.

В качестве материала для исследования были использованы пятьдесят образцов *Ae. tauschii* из коллекции ВИР, выращенных на Дагестанской опытной станции ВИР (ДОС ВИР) в 2017–2022 году и собранных в период полной спелости. Выборка была составлена из основных ботанических форм *Ae. tauschii* из коллекции VIR с учетом наиболее полного эколого-географического представления.

Сравнительный анализ групп образцов *Ae. tauschii* показал, что метаболомные профили устойчивых и неустойчивых к грибным патогенам форм достоверно различаются между собой по содержанию небелковых аминокислот, фитостеролов, многоатомных спиртов, ацилглицеролов, моно- и олигосахаридов, гликозидов, фенольных соединений (гидрохинона, кемпферола) и др. Последнее подтверждается ранее полученными нами данными по связи устойчивости к возбудителям ржавчинных патогенов с определенными компонентами их метаболомного профиля: ацилглицеролами, небелковыми аминокислотами, галактинолом.

Наши исследования подтвердили возможность и эффективность применения метаболомного анализа для скрининга генетического разнообразия образцов коллекции ВИР, в частности *Ae. tauschii*, с целью выделения форм, имеющих в метаболомном профиле набор соединений, характеризующих их как устойчивые. К таковым относятся образцы *Ae. tauschii* с высоким содержанием пипеколиновых кислот, ацилглицеролов, галактинола, стигмастерола, глицерола, азелаиновой и пирогалловой кислот, кампестерола, гидрохинона и др., которые могут быть использованы для создания сортов пшеницы и тритикале, высокоустойчивых к грибным патогенам – возбудителям мучнистой росы, бурой и желтой ржавчины.

Для сравнения физиологических процессов были проанализированы метаболомы зерна устойчивой и неустойчивой группы образцов эгилопсов *Ae. tauschii*.

Анализ метаболома зерна изучаемых образцов эгилопсов показал, что их метаболизм значительно различается. При сравнении метаболомного профиля органических кислот установлены более высокие концентрации 20 изученных органических кислот в зерне *устойчивой* группы образцов *Ae. tauschii*, чем у *неустойчивой*. Так, для фосфорной, глицериновой, яблочной, салициловой, эритроновой, рибоновой, галактурановой (GalUA), глюконовой, кофейной и гулоновой кислот превышение их содержания в зерне было в 2 раза и более по сравнению с неустойчивой группой образцов. Также в зерне исследуемых форм были обнаружены и проанализированы 13 различных сахаров. В зерновках образцов устойчивой группы было установлено высокое содержание глюкозы, превышающее в 10–30 раз ее содержание в отношении неустойчивой группы образцов. Содержание фруктозы и галактозы также было отмечено почти в 3 и 12 раз выше соответственно в зерновках устойчивых образцов *Ae. tauschii* по сравнению с неустойчивой. У неустойчивых форм было отмечено высокое содержание таких сахаров как сорбоза и раффиноза, где их содержание более чем в 2 раза превышало содержание у устойчивой группы образцов.

Аминокислотный состав представлен 18 аминокислотами, среди которых 3 непротеиногенные (3-гидроксипипеколиновая и 5-гидроксипипеколиновая, а также пипеколиновая). По общему количественному содержанию аминокислот в зерновках обеих групп преобладала 3-гидроксипипеколиновая кислота. Среди протеиногенных аминокислот у неустойчивой группы образцов преобладали валин и глутамин, а у устойчивых – глутамин.

В составе метаболома в том числе были определены 12 жирных кислот, среди которых наибольшим количеством отличалась линолевая кислота, затем пальмитиновая и олеиновая. Общее содержание этих кислот было несколько выше у устойчивой формы эгилопсов. Среди фитостеролов в зерновках обеих групп *Ae. tauschii* преобладал ситостерол. У устойчивых форм ситостерол был на 40–63% выше, чем у неустойчивой формы.

Обнаружено более высокое содержание тирозина и триптофана у устойчивой группы. Помимо аминокислот по этому пути синтезируются хиноны, токоферолы, фолаты, лигнины и другие ароматические соединения, которые обладают антибактериальной активностью.

Системная приобретенная устойчивость растений (SAR) активируется посредством совместного действия салициловой (SA) и пипеколиновой кислоты. Известно, что

некоторые патогенные микроорганизмы не только препятствуют накоплению SA в растении, но также могут нарушать сигнальные пути SA. Содержание SA салициловой кислоты выше у устойчивой группы эгилопсов.

Основные метаболиты гликолиза, такие как глюкоза и пировиноградная кислота, также были повышены у устойчивых форм. Эти результаты дают основание предположить, что повышенный синтез вторичных метаболитов играет роль в высокой устойчивости формы к патогенным микроорганизмам.

Среди метаболитов растений выделены соединения с антимикробной активностью, которые помогают растению эффективнее бороться с биотическим стрессом. **Пирогаллол**, ингибируя ферменты патогенных микромицетов проявил антифунгальную активность в отношении *Corynebacterium xerosis* и *Fusarium oxysporum*, *Candida albicans*. **Кофейная кислота** содержит как фенольные, так и акриловые функциональные группы, которые обладают активностью против бактерий, грибов и вирусов. **Органические кислоты** также выступают антибактериальными агентами.

Состав метаболома определяет эпифитное сообщество зерна эгилопсов.

Так, при анализе культивируемого эпифитного микробиома обнаружено, что **на некоторых неустойчивых образцах** *Ae. tauschii* subsp. *meyeri* (2n = 14, геном D) в микробиоме доминировали патогенные виды бактерий, такие как *Clavibacter michiganensis*, *Erwinia* spp. Тогда как доминирующими видами **микробиома устойчивой группы образцов** *Ae. tauschii* subsp. *iranica* (2n = 14, Геном D) были *Bacillus* spp., и *Pseudomonas* spp. – бактерии, обладающие выявленной высокой фунгицидной активностью.

Зерно устойчивой группы образцов *Ae. tauschii* содержит больше активных веществ, способствующих высокой резистентности к грибным и бактериальным заболеваниям (рисунок).

Изучение антагонистической активности к фитопатогену *Fusarium oxysporum*.

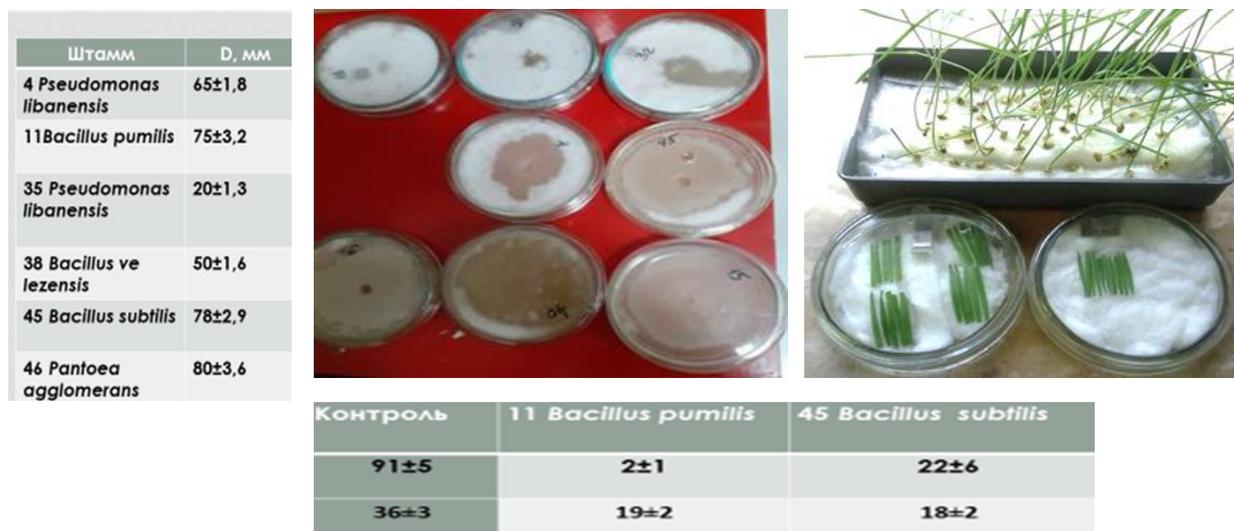


Рисунок. Антагонистическая активность PGPB к фитопатогену *Fusarium oxysporum*

Полученные результаты подтверждают актуальность и эффективность использования неспецифического метаболомного анализа для поиска и идентификации растительных форм с набором соединений, предлагаемых в качестве маркеров устойчивости к определенным патогенам. Образцы *Ae. tauschii* с высоким содержанием пипеколевой кислоты, ацилглицеринов, галактинола, стигмастерола, мальтозы, тирозина, сорбозы, глицерина, азелаиновой и пирогалловой кислот, метил-альфа-d-галактопиранозида и др. могут быть включены в программы селекции сортов основных зерновых культур с высокой устойчивостью к фузариозной плесени, бурой и желтой ржавчине.

Исследования по взаимодействию выделенных бактерий и их ингибирующих свойств при патогенезе с листовыми ржавчинными грибами продолжаются.

ВЫЯВЛЕНИЕ МУТАНТНЫХ ФОРМ ТОМАТА, УСТОЙЧИВЫХ К *MELOIDOGYNE* SPP.

А.К. Чурикова, С.Н. Нековаль, М.Н. Чернякович
Федеральный научный центр биологической защиты растений, Краснодар, Россия,
e-mail: arina.churikova98@mail.ru

IDENTIFICATION OF MUTANT TOMATO FORMS RESISTANT TO *MELOIDOGYNE* SPP.

A.K. Churikova, S.N. Nekoval, M.N. Chernyakovich
Federal Research Center of Biological Plant Protection, Krasnodar, Russia,
e-mail: arina.churikova98@mail.ru

Особой вредоносностью на томате отличаются высокоадаптированные облигатные эндопаразиты корневой системы – галловые нематоды (*Meloidogyne* spp.), вызывающие заболевание мелойдогиноз (Чурикова, Нековаль, 2022). Возделывание устойчивых сортов или гибридов является одним из эффективных способов защиты растений томата от поражения галловыми нематодами (Nekoval et al., 2020; Nekoval et al., 2022).

В лаборатории биорациональных средств и технологий защиты растений для ведения экологизированного, ресурсосберегающего и органического сельского хозяйства ФГБНУ ФНЦБЗР, созданной в рамках научно-образовательного центра (НОЦ) Юга России в 2021 году, изучаются коллекционные образцы томата на устойчивость к вредным объектам. Цель исследований: провести скрининг мутантных форм томата на устойчивость к галловым нематодам (*Meloidogyne* spp.).

В защищенном грунте для определения устойчивости растений томата к северной галловой нематоды (*Meloidogyne hapla* Chitwood) в вегетационных вазонах объемом пять литров были высажены девять мутантных линий томата.

Мутантная линия Мо 147 характеризовалась полным отсутствием галлов на растении и обладала устойчивостью к мелойдогинозу (рисунок 1а). Умеренную устойчивость к мелойдогинозу проявили линии Мо 329, Мо 353, Мо 417, Мо 739, Мо 638 (рисунок 1б).

При сравнении мутантных линий томата по количеству галлов на растении установили, что наибольшее количество галлов образовалось у восприимчивой мутантной линии Мо 463 (82,2 шт.) (рисунок 1в), также у Мо 680 (45,9 шт.) и Мо 379 (37,7 шт.).

Существенные различия по количеству галлов на растении отмечены у Мо 463. Эта линия имела наибольшее количество галлов в сравнении с другими вариантами опыта.



а

б

в

**Рисунок. Корневая система мутантных линий с различной устойчивостью к мелойдогинозу:
а – Мо 147 (иммунная); б – Мо 638 (умеренно устойчивая); в – Мо 463 (восприимчивая)**

Устойчивостью к северной галловой нематоды (*M. hapla*) обладает мутантная линия Мо 147 с геном устойчивости *Mi*, который может также отвечать за устойчивость к южной галловой нематоды (*M. incognita* Kofoid & White) и корневой галловой нематоды (*M. enterolobii* Yang et Eisenback). Из восьми изучаемых мутантных линий, не имеющих ген устойчивости *Mi*, все в разной степени поражаются галловой нематодой, но наибольший балл поражения был отмечен у мутантных линий Мо 463 и Мо 739.

Следует учесть, что Мо 739 обладала умеренной устойчивостью при подсчете галлов на растении, однако степень поражения корневой системы мелойдогинозом была максимальной.

Полученные данные являются основанием для дальнейшего использования перспективных мутантных линий томата в создании устойчивых к мелойдогинозу сортов.

Исследования выполнены согласно Государственному заданию Министерства науки и высшего образования РФ в рамках НИР по теме № FGRN-2021–0001.

Список литературы

Чурикова А.К., Нековаль С.Н. Биологические агенты и их метаболиты в борьбе с *Meloidogyne* spp. при выращивании овощных культур (обзор) // Юг России: экология, развитие. 2022. Т. 17, № 3 (64). С. 175–186. DOI: 10.18470/1992-1098-2022-3-175-186

Nekoval S., Belyaeva A., Maskalenko O., Churikova A., Milovanov A., Sadovaya A. Study of the species composition and population structure of *Alternaria* leaf spot pathogen and identify newer resistant tomato (*Solanum lycopersicum*) genotypes // Research on Crops. 2020. Vol. 21, No 3. P. 545–556. DOI: 10.31830/2348-7542.2020.086

Nekoval S., Zakharchenko A., Sadovaya A., Churikova A., Fedoryanskaya I. Assessment of mutant tomato lines as a starting material for breeding varieties resistant to *Alternaria alternata* // Saudi Journal of Biological Sciences. 2022. Vol. 29, No 2. P. 1061–1072. DOI: 10.1016/j.sjbs.2021.09.066

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ ЧЕЧЕВИЦЫ В АРМЕНИИ

Г.Г. Шабоян, Г.С. Мартиросян, К.М. Сарикян

Научный центр овощебахчевых и технических культур Министерства сельского хозяйства
Армении, Республика Армения, e-mail: gayaneshaboyn@mail.ru,
e-mail: gayanemartirosyan@yahoo.com, e-mail: karuine_sarikyan@mail.ru

THE RESULTS OF THE STUDY OF *LENS CULINARIS* MEDIK. IN ARMENIA

G.G. Shaboyan, G.S. Martirosyan, K.M. Sarikyan

Scientific Center of Vegetable and Industrial Crops of the Ministry of Economy of Armenia,
Republic of Armenia, e-mail: gayaneshaboyn@mail.ru, e-mail: gayanemartirosyan@yahoo.com,
e-mail: karuine_sarikyan@mail.ru

Чечевица является одним из важнейших источников белка, способным заменить по питательным свойствам хлеб, крупу и даже мясо. Растение достаточно теплолюбивое, страдает от заморозков, при этом оно легче переносит засуху.

С давних времен чечевица ценилась как лекарственное растение. Еще древнеримские врачи использовали чечевицу для лечения желудочных заболеваний и нервных расстройств, считая, что постоянное употребление ее в пищу делает человека спокойным и терпеливым. Отвар чечевицы также рекомендуют принимать при почечнокаменной болезни, заболеваниях печени.

Родина растения – Южная Европа и Западная Азия, где ее возделывают с эпохи неолита. Упоминания об этой культуре неоднократно встречаются в Ветхом Завете, а остатки найдены в египетских пирамидах и на территории доисторических стоянок в Швейцарии. В настоящее время в диком виде чечевица произрастает в Юго-Восточной Европе, Малой и Средней Азии.

Благодаря симбиозу с азотобактериями она способствует накоплению азота в почве. Применяя грамотные агротехнические мероприятия, с одного гектара можно получить 19–22 ц/га урожая зерна. В Армении чечевица в основном возделывается в Котайкской, Ширакской, Армавирской и Гехаркуникской областях в ограниченном количестве. Причиной постепенного снижения посевных площадей и урожайности чечевицы является отсутствие высокоурожайных, устойчивых к грибным заболеваниям детерминантных сортов, пригодных к механизированной уборке урожая, а также неосведомленность фермеров и крестьянских хозяйств об агротехнических и хозяйственных преимуществах этой культуры.

Для решения возникших проблем с 2008 г. нами был исследован сто один сорт мировой коллекции чечевицы, полученных из генбанка ICARDA, из которых 25 тарелкообразные, 25 – засухоустойчивые, 34 – скороспелые и 17 – морозоустойчивые. Из изученных сортообразцов по биологическим и хозяйственно ценным признакам отобраны 16.

С 2020–2022 гг. в Армении на экспериментальной базе Научного центра овощебахчевых и технических культур нами изучается и испытывается гермплазма генбанка ICARDA. Объектом исследования служили сортообразцы Flip2007-12L, FLIP2007-3L, FLIP2007-30L, Ер-54, Sel FromLL1767. Исследования проводились в четырехкратной повторности по методике рандомизации. Характеристика сортообразцов описана по методике ICARDA.

Хозяйственно ценные признаки отобранных сортообразцов чечевицы.

Тарелкообразные сортообразцы.

Flip 2007-12L. Высота растения 48 см, количество бобов с одного растения 15 шт., масса бобов с одного растения 1,57 г, количество семян в бобе 4,2 шт., масса одного семени 0,7 г, масса 1000 семян 63,6 г, урожай зерна с 1 м² 15.5 г.

FLIP2007-3L. Высота растения 38,5 см, количество бобов с одного растения 42 шт., масса бобов с одного растения 3,25 г, количество семян в бобе 34 шт., масса одного семени 2,6 г, масса 1000 семян 62,8 г, урожай зерна с 1 м² 45,6 г.

FLIP2007-30L. Высота растения 55,1 см, количество бобов с одного растения 41 шт., масса бобов с одного растения 3,51 г, количество семян в бобе 28,2 шт., масса одного семени 2,5 г, масса 1000 семян 63,6 г, урожай зерна с 1 м² 34,6 г.

Засухоустойчивые сортообразцы.

Ер-54. Высота растения 43 см, количество бобов с одного растения 17 шт., масса бобов с одного растения 17,6 г, количество семян в бобе 2,9 шт., масса одного семени 3,5 г, масса 1000 семян 44,8 г, урожай зерна с 1 м² 86,9 г.

Скороспелые сортообразцы.

Sel FromLL1767. Высота растения 44 см, количество бобов с одного растения 49 шт., масса бобов с одного растения 2,9 г, количество семян в бобе 2,9 шт., масса одного семени 1,8 г, масса 1000 семян 44,6 г, урожай зерна с 1 м² 12,9 г.

Таким образом, испытанные сортообразцы являются ценным исходным материалом для различных направлений селекции.

ГЕНОФОНД *TRITICUM AESTIVUM* L., УСТОЙЧИВЫЙ К ПОРАЖЕНИЮ СПОРЫНЬЕЙ И К НАКОПЛЕНИЮ ЭРГОАЛКАЛОИДОВ

Л.М. Щеклеина

Федеральный аграрный научный центр Северо-Востока имени Н.В. Рудницкого, Киров, Россия, e-mail: immunitet@fanc-sv.ru

THE GENE POOL OF *TRITICUM AESTIVUM* L. RESISTANT TO ERGO AND ACCUMULATION OF ERGOALKALOIDS

L.M. Shchekleina

Federal Agricultural Scientific Center of North-East, Kirov, Russia, e-mail: immunitet@fanc-sv.ru

В последнее десятилетие серьезную экологическую и фитосанитарную проблему представляет нарастающее распространение в посевах ржи, пшеницы, тритикале и даже ячменя инфекции фитопатогенного гриба *Claviceps purpurea* (Fr.) Tul. – возбудителя спорыньи. Спорынья в Кировской области ежегодно проявляется на посевах зерновых культур. Генофонд яровой мягкой пшеницы в Российской Федерации практически не изучен по устойчивости к спорынье, особенно в условиях искусственной инокуляции.

Цель исследований – поиск сортов яровой мягкой пшеницы, устойчивых к спорынье и изучение содержания и состава ЭА в пшеничных образцах склероциев гриба *C. purpurea*.

Полевые исследования проводили в 2020–2022 гг. в ФГБНУ «ФАНЦ Северо-Востока». Материалом исследований являлись 30 сортов яровой мягкой пшеницы селекции ФАНЦ Северо-Востока и образцов из мировой коллекции ВИР. Посев проводили на фитопатологическом участке кассетной сеялкой СКС-6-10. Площадь делянки 1 м², повторность трехкратная. Норма высева 250 всхожих зерен. В работе использовали природные изоляты конидий патогена, выделенные из свежесобранных склероциев пшеницы и хранящиеся на картофельно-глюкозном агаре в рабочей коллекции лаборатории иммунитета и защиты растений. В фазу 51 по шкале Zadoks цветки пшеницы инокулировали водно-споровой суспензией спор (штамм *C. purpurea* Пш-19/с). Инокулюм готовили непосредственно перед заражением путем смыва спор с поверхности чистой культуры патогена дистиллированной водой. Концентрацию суспензии 5×10⁵ спор в 1 мл устанавливали с помощью камеры Горяева. У каждого сорта инокулировали по 15 колосьев. В фазу полной спелости зерна пшеницы оценивали восприимчивость сортов по двум показателям: поражение (распространение) болезни в посевах и засоренность зерна склероциями. Характеристику сортов по устойчивости давали на основании шкалы T. Miedanega с соавторами. После обмолота растений из каждой делянки и повторности отбирали все склероции и рассчитывали их процентное отношение к общей массе зерна.

В склероциях гриба *C. purpurea* был исследован и проанализирован состав и содержание ЭА. Определение проводили в институте биохимии и физиологии микроорганизмов им. Г.К. Скрыбина РАН (г. Пушкино Московская обл.). ЭА извлекали из 1 грамма измельченных склероциев, который экстрагировали водным раствором уксусной кислоты при pH 4,5, затем водную фракцию доводили до pH 9-10 и экстрагировали хлороформом. ЭА обнаруживали по поглощению и флуоресценции в УФ-свете и после опрыскивания пластин реактивом Эрлиха. Идентификацию метаболитов осуществляли с хроматографией со стандартами и с помощью данных УФ-спектроскопии и масс-спектрометрии. Количественное содержание ЭА в экстрактах определяли спектрофотометрически.

На контроле (без инфекции) симптомы болезни отсутствовали или встречались единичные склероции. При искусственной инокуляции сорта пшеницы селекции ФАНЦ Северо-Востока поражались в среднем от 0% ('Традиция') до 21,7% ('П-57'), образцы коллекции ВИР – от 0% (Новосибирская 18) до 13,9% (ЛТ-3). Засоренность зерна

склероциями была на уровне от 0% ('Традиция') до 1,5% ('П-57'), коллекционных образцов – от 0% ('Новосибирская 18') до 1,3% ('ЛТ-3'). В генофонде преобладали в основном восприимчивые к спорынье генотипы. Исключение составляют два сорта Новосибирская 18 и 'Традиция', не сформировавшие склероциев. Их отсутствие может быть детерминировано усиливающим действием малых генов, контролирующих физиологические механизмы устойчивости. Сорт яровой пшеницы 'Новосибирская 18' относится к группе раннеспелых и характеризуется быстрым развитием в первой половине онтогенеза – от всходов до колошения и цветения. Механизмы устойчивости сорта 'Традиция', вероятно, обусловлены его короткостебельностью и прочностью соломины, вследствие чего она не полегает, обеспечивая хороший пыльцевой режим в биоценозе. Характер и продолжительность цветения растений является одним из важных маркеров устойчивости к спорынье. В настоящее время успешно проходит Государственное сортоиспытание сорт яровой мягкой пшеницы 'Традиция' селекции ФАНЦ Северо-Востока, который на инфекционных фонах обладал иммунитетом к спорынье. К среднеустойчивым можно отнести сорта 'Тулайковская Надежда' из Самарской области и 'Кайыр' – из Казахстана.

Анализ биометрии склероциев показал значительную изменчивость их по размерам и крупности. Мелкие склероции (0,06 г) были у китайского сорта Long Chun 7, а крупные (0,15 г) – у линии Н-154. Выявлено формирование наиболее крупных склероциев у сортов селекции ФАНЦ Северо-Востока.

Биохимический анализ показал, что ЭА отсутствовали в 4 из 10 образцов склероциев яровой пшеницы. В остальных образцах содержание ЭА различалось в пределах от 0,6% (линия П-57) до 2,4% (линия Т-79). Информация об уровне ЭА важна для поиска сортов с наименьшим их накоплением. В изученном материале биологическую ценность представляют сорта, не накапливающие ЭА в формирующихся склероциях. В этом случае наличие их в зерне представляет собой менее опасную механическую примесь. Особую селекционную и иммунологическую ценность представляет сорт яровой пшеницы 'Eros' из Германии, сочетающий устойчивость к поражению спорыньей и накоплению ЭА. В 10 образцах склероциев были обнаружены метаболиты 1 и 2, мигрирующие при ТСХ с $R_f = 0,21$ (I) и $R_f = 0,49$ (II), которые флуоресцировали в УФ-свете ($\lambda = 254$ нм) и имели фиолетовое окрашивание с реактивом Эрлиха. Масс-спектр (МС) метаболитов был идентичен и имел отрицательный молекулярный ион 580 (М-Н). В МС/МС спектре метаболитов наблюдался характеристический пик 330, который соответствовал фрагменту $C_{17}H_{20}N_3O_4$. Хроматографическая подвижность и МС/МС спектр метаболита 1 совпадал со стандартом эрготаминина, а метаболита 2 – со стандартом эрготаминина. На основании полученных данных метаболиты 1 и 2 были идентифицированы как пептидные эргоалкалоиды эрготамин и его стереоизомер эрготаминин соответственно. В этих же образцах склероций был обнаружен метаболит 3, мигрирующий при ТСХ $R_f = 0,41$ (I), который также флуоресцировал и давал фиолетовое окрашивание с реактивом Эрлиха. Масс-спектр метаболита 3 имел отрицательный молекулярный ион 608 (М-Н). Хроматографическая подвижность и МС/МС спектр метаболита 3 совпадал со стандартом эргокристина. На основании полученных данных он был идентифицирован как эргокристин.

В растительно-микробных взаимодействиях с аскомицетом *S. purpurea* весьма важным является тестирование сортов на общее содержание ЭА. В изученном генофонде яровой мягкой пшеницы по этому признаку выявлено 4 сорта ('Т-38', 'Н-154', 'Оренбургская 23' и 'Eros'), не накапливающих ЭА в склероциях гриба *S. purpurea*.



ПОСТЕРНАЯ СЕССИЯ СЕКЦИЯ 2

POSTER SESSION SECTION 2

в рамках соглашения
№ 075-15-2021-1050
(от 28.09.2021)



АЛЛЕЛЬНОЕ РАЗНООБРАЗИЕ ГЕНОВ, КОНТРОЛИРУЮЩИХ СКОРОСТЬ РАЗВИТИЯ У ОБРАЗЦОВ ТВЕРДОЙ ПШЕНИЦЫ ИЗ КОЛЛЕКЦИИ ВИР

А.С. Андреева, И.Н. Анисимова, О.А. Ляпунова

Федеральный исследовательский центр Всероссийский институт генетических ресурсов растений имени Н.И. Вавилова, Санкт-Петербург, Россия, e-mail: karandash_85@inbox.ru

ALLELIC DIVERSITY OF GENES CONTROLLING THE RATE OF DEVELOPMENT IN DURUM WHEAT ACCESSIONS FROM THE VIR COLLECTION

A.S. Andreeva, I.N. Anisimova, O.A. Lyapunova

N.I. Vavilov All-Russian Institute of Plant Genetic Resources, Saint-Petersburg, Russia, e-mail: karandash_85@inbox.ru

Пшеница твердая (*Triticum durum* Desf.) – одна из основных зерновых культур, которая выращивается в основном для питания человека. Она употребляется в виде изделий из зерен или теста (pasta), таких как спагетти, макароны, лапша, ракушки и др., плоский хлеб – пита, крупы – манная, кускус, булгур и др. Продукты, изготовленные из зерна высококачественной твердой пшеницы, относятся к продуктам диетического питания. В некоторых странах низкокачественная твердая пшеница используется как кормовая.

Селекция твердой пшеницы направлена на создание новых сортов, удовлетворяющих потребности производителей макаронных изделий. В настоящее время перед традиционной селекцией стоят проблемы исходного материала и необходимость ускорения самого селекционного процесса, что требует новых подходов и методов, которые должны помочь ускорить создание скороспелых, устойчивых к болезням и вредителям, высокопродуктивных и высококачественных сортов. В селекционных центрах, которые в основном и создают новые сорта, наряду с использованием классических методов селекции, используют методы маркер-опосредованного отбора. С их помощью можно ускорять процесс селекции; сокращать площади, занятые селекционным материалом; достигать более высокой точности отбора; добиваться экономии ресурсов.

Скорость развития растения, прежде всего, время перехода в фазу колошения, является одним из основных адаптивных признаков у пшеницы. Изменчивость этого признака дает возможность растению с максимальной эффективностью использовать наиболее благоприятные для созревания условия окружающей среды (температуру и влагообеспеченность). Поэтому скорость развития относится к ключевым хозяйственно ценным признакам твердой пшеницы. Сложный процесс развития пшеницы во многом определяется аллельным разнообразием генов, регулирующих потребность в яровизации (*Vrn*, *Vernalization response*) и чувствительность к фотопериоду (*Ppd*, *Photoperiod response*).

Аллельное разнообразие генов, определяющих тип развития у образцов твердой пшеницы из коллекции ВИР, не изучалось. Генотипирование образцов с использованием аллель-специфичных праймеров позволит выделить формы, несущие ценные аллели, гаплотипы и мутантные варианты генов интереса.

Материалом исследования служили скороспелые линии, поступившие в коллекцию ВИР из питомника оценки твердой пшеницы “26TH IDSN; 94-95” CYMMIT (International Maize and Wheat Improvement Center, Мексика) и прошедшие трехлетнее полевое изучение на Дагестанской опытной станции – филиале ВИР (2019–2021). Результаты полевого изучения подтвердили ранние сроки колошения большинства мексиканских образцов, включенных в эксперимент. Яровой тип развития изучаемых образцов подтвержден в вегетационных опытах на площадке научно-производственной базы «Пушкинские и Павловские лаборатории ВИР».

Молекулярно-генетический анализ проводили в отделе генетики ВИР. Суммарную ДНК выделяли из 5–7-дневных проростков с использованием SDS-буфера (Дорохов, Клоке, 1997). Качество полученных фракций ДНК проверяли методом электрофореза в 1-процентном агарозном геле. Для определения генотипов по локусам *Vrn* и *Ppd* изучали полиморфизм девяти внутригенных маркеров, специфичных для локусов *Vrn-A1*, *Vrn-B1*, *Vrn-B2*, *Vrn-B3*, *Ppd-A1* (Muterko et al. 2016). В качестве контроля были взяты сорта с известными из литературы генотипами по локусам *Vrn* и *Ppd*: ‘Харьковская 1’ (к-45910, Украина), ‘GK Vasa’ (к-58475, Венгрия), ‘Елизаветинская’ (к-63772, РФ, Саратовская обл.), ‘Башкирская 27’ (к-64486, РФ, Башкортостан), ‘Донская Элегия’ (к-64488, РФ, Ростовская обл.).

Профили продуктов амплификации маркеров, специфичных для промоторных областей и для интронов генов, оказались полиморфными, что свидетельствует о разнообразии нуклеотидных последовательностей этих районов у изучаемых образцов твердой пшеницы. С помощью использованных маркеров подтверждены генотипы по изучаемым локусам у референсных образцов. У 27 образцов, отобранных по признаку скороспелости, подтверждено наличие доминантного аллеля главного гена *Vrn-A1*, контролирующего яровой тип развития. Продукты амплификации с парой праймеров, специфичных для промотора гена *Vrn-A1*, имели размер 713 пн, характерный для носителей идентифицированного в работе Мутерко с соавторами (Muterko et al., 2016) варианта доминантного аллеля *Vrn-A1i*. Диагностический фрагмент 541 пн, характерный для рецессивного аллеля *vrn-A1* (праймеры *Vrn-A1-intr_F/Vrn-A1-intr_R1*) не идентифицирован ни у одного из изученных образцов. У ряда образцов амплифицировался фрагмент 750 пн, а у линии SIGV98.777-1 (к-66283) – уникальный фрагмент 900 пн. Уникальность линии SIGV98.777-1 подтверждена методом электрофореза запасного белка глиаина, спектр которого отличался от спектров других образцов. У семи образцов с помощью диагностических маркеров выявлен вариант доминантного аллеля *Vrn-B1c*, у двух – *Vrn-B1b*, у пяти – *Vrn-B1a*. Вариант доминантного аллеля *Vrn-B3a* выявлен у единственного образца – ‘Ambo 7’ (к-68387). У образца ‘Himan 9’ (к-68409) выявлен маркер доминантного аллеля *Ppd-A1a.1*, определяющего нечувствительность к фотопериоду.

Изученные образцы твердой пшеницы могут быть рекомендованы для селекции в качестве источников доминантных аллелей гена *Vrn-A* и *Vrn-B1a*, определяющих яровой тип развития.

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».

Список литературы

Дорохов Д.Б. Клоке Э. Быстрая и экономичная технология RAPD анализа растительных геномов // Генетика. 1997. Т. 33, № 4. С. 443–450.

Muterko A, Kalendar R, Salina E. Novel alleles of the *VERNALIZATION1* genes in wheat are associated with modulation of DNA curvature and flexibility in the promoter region // BMC Plant Biology. 2016. Vol. 16, suppl. 1. Article number: 9. DOI: 10.1186/s12870-015-0691-2

МОЛЕКУЛЯРНЫЙ АНАЛИЗ ПЕРСПЕКТИВНЫХ МЕЖВИДОВЫХ ГИБРИДОВ КАРТОФЕЛЯ НА УСТОЙЧИВОСТЬ К ФИТОПАТОГЕНАМ

Д.В. Башко, В.А. Козлов, Н.В. Русецкий, А.В. Чашинский, И.А. Михалькович,
Т.В. Семанюк

Республиканское унитарное предприятие «Научно-практический центр Национальной академии наук Беларуси по картофелеводству и плодоовощеводству», аг. Самохваловичи, Республика Беларусь, e-mail: geneticabelbulba@mail.ru

MOLECULAR ANALYSIS OF PROMISING INTERSPECIFIC POTATO HYBRIDS FOR RESISTANCE TO PHYTOPATHOGENS

D.V. Bashko, V.A. Kozlov, N.V. Rusetskiy, A.V. Chashynski, I.A. Mikhalkovich,
T.V. Semanyuk

Scientific and Practical Center of the National Academy of Sciences of Belarus for Potato, Fruit and Vegetable Growing, Samokhvalovichi agrotown, Republic of Belarus, e-mail: geneticabelbulba@mail.ru

Традиционная селекция – это долгий и трудоемкий процесс. У ведущих селекционеров на него уходит свыше 20 лет. Использование молекулярных маркеров, сцепленных с доминантными генами устойчивости к болезням и вредителям, позволяет значительно ускорить процесс селекции, повысить его эффективность и значительно сократить затраты на создание сортов картофеля.

Используя для гибридизации формы, обладающие комплексом генов устойчивости к фитопатогенам, можно существенно повысить долю генотипов в гибридной популяции с комбинацией хозяйственно ценных признаков (Ермишин и др., 2016).

Цель исследования – оценить наличие молекулярных маркеров генов устойчивости к бледной и золотистой картофельным нематодам, фитофторозу и Y-вирусу у перспективных межвидовых гибридов картофеля.

Исследование проводили в лаборатории генетики картофеля РУП «Научно-практический центр Национальной академии наук Беларуси по картофелеводству и плодоовощеводству». Для исследования были отобраны 28 межвидовых гибридов картофеля из питомника предварительного испытания. Молекулярный скрининг проведен с использованием 13 маркеров 8 R-генов устойчивости к цистообразующим картофельным нематодам (*Globodera rostochiensis* и *Globodera pallida*), фитофторозу и Y-вирус картофеля. ДНК выделяли из клубней картофеля с использованием колонок. Условия проведения ПЦР и нуклеотидные последовательности праймеров из литературных источников (Asano et al. 2012, Schultz et al. 2012; Gebhardt et al. 2006; Wang et al. 2008; Khavkin et al. 2010; Kasai et al. 2000).

Молекулярный скрининг различными SCAR-маркерами гена *H1* позволил сделать сравнительную оценку их диагностического потенциала как фактора устойчивости к *Globodera rostochiensis*. У 42,9% генотипов картофеля, содержащих ген *H1*, присутствовали все четыре маркера (N146, N195, 57R и TG689). Два межвидовых гибрида (80ум17-6, 6-16-3) характеризуются наличием трех маркеров N146, N195 и 57R. ДНК-маркеры 57R и TG689 одновременно идентифицировали у одного образца. Восемь образцов из выборки характеризуются наличием только SCAR-маркера TG689.

В анализируемой выборке маркер Gro1-4 выявлен у 14 генотипов. Частота встречаемости – 50%. Маркер Gro1-4-1 определен лишь у межвидового гибрида 120-16-3а.

Суммарно 12 межвидовых гибридов в своем генотипе имеют оба гена (*H1* и *Gro1-4*) устойчивости к золотистой картофельной нематоде и могут активно использоваться в селекции на создание нематодоустойчивых исходных форм для селекции картофеля.

Наличие одновременного присутствия ДНК-маркеров на гены устойчивости к двум ЦКН было выявлено у 12 протестированных межвидовых гибридов.

В результате проведенных исследований на гены устойчивости к *Phytophthora infestans* установлено, что ни один из образцов выборки не содержал в своем генотипе наличие трех интересующих ДНК-маркеров. Семь образцов (120-16-3, 120-16-3а, 120-16-19, 17Б02-2, 17Б37-2, 17Б52-5 и 17П21-2) характеризовались наличием двух маркеров, 11 гибридов – одного маркера. Суммарно ДНК-маркеры на гены устойчивости к *Phytophthora infestans* отмечены у 71,4% гибридов.

Шесть межвидовых гибридов из исследуемой выборки характеризуются наличием двух маркеров (Ry364 и RYSC3) на гены устойчивости к вирусу Y, и 9 – наличием одного из маркеров.

Проведенный нами молекулярный скрининг позволил выделить межвидовые гибриды с комплексом ДНК-маркеров на гены устойчивости:

с 10-ю маркерами – 120-16-3а;

с 9-ю маркерами – 120-16-19, 17Б37-2, 17П44-6;

с 8-ю маркерами – 120-16-3;

с 7-ю маркерами – 204ау17-4, 204ау17-6, 204ау17-12, 120-16-27, 17Б02-2, 17П21-2;

с 6-ю маркерами – 8м17-42, 45у1217-6, 164-16-5, 17Б48-5, 17Б52-5, 17Б54-1, которые представляют исключительную практическую значимость для селекции сортов картофеля с комплексной устойчивостью к болезням, вредителям и вирусной инфекции.

Список литературы

Ермишин А.П., Свиточ О.В., Воронкова Е.В., Лукша В.И., Гукасян О.Н., Полюхович Ю.В., Жарич В.М. Оценка исходного материала картофеля по составу и аллельному состоянию генов устойчивости к болезням и вредителям с целью оптимизации подбора родительских форм для гибридизации : методические рекомендации / под редакцией А.П. Ермишина / Министерство сельского хозяйства и продовольствия Республики Беларусь, НАН Беларуси, Институт генетики и цитологии НАН Беларуси. Минск : Право и экономика, 2016. 56 с.

Asano K., Kobayashi A., Tsuda S., Nishinaka M., Tamiya S. DNA marker-assisted evaluation of potato genotypes for potential resistance to potato cyst nematode pathotypes not yet invading into Japan // *Breeding Sci.* 2012. Vol. 62, No 2. P. 142–150. DOI: 10.1270/jsbbs.62.142

Gebhardt C., Bellin D., Henselewski H., Lehmann W., Schwarzfischer J., Valkonen J.P.T. Marker assisted combination of major genes for pathogen resistance in potato // *Theoretical and Applied Genetics.* 2006. Vol. 112, No 8. P. 1458–1464. DOI:10.1007/s00122-006-0248-8

Kasai K., Morikawa Y., Sorri V.A., Valkonen J.P., Gebhardt C., Watanabe K.N. Development of SCAR markers to the PVY resistance gene *Ryadg* based on a common feature of plant disease resistance genes // *Genome.* 2000. Vol. 43, No 1. P. 1–8. DOI:10.1139/g99-092

Khavkin E.E., Sokolova E.A., Beketova M.P., Pankin A.A., Kuznetsova M.A., Kozlovskaya I.N., Spiglazova S.Yu., Statsyuk N.V., Yashina I.M. Potato resistance to late blight as related to the *R1* and *R3* genes introgressed from *Solanum demissum* // PPO-Special Report. 2010. No 14. P. 231–238.

Schultz L., Cogan N.O.I., McLean K., Dale M., Bryan G.J., Forster J.W., Slater A.T. Evaluation and implementation of a potential diagnostic molecular marker for *H1*-conferred potato cyst nematode resistance in potato (*Solanum tuberosum* L.) // *Plant Breeding.* 2012. Vol. 131, No 2. P. 315–321. DOI:10.1111/J.1439-0523.2012.01949.X

Wang M., Allefs S., van den Berg R.G., Vleeshouwers V.G.A.A., van der Vossen E.A.G., Vosman B. Allele mining in *Solanum*: conserved homologues of *Rpi-blb1* are identified in *Solanum stoloniferum* // *Theoretical and Applied Genetics.* 2008. Vol. 116, No 7. P. 933–943. DOI: 10.1007/s00122-008-0725-3

ИСХОДНЫЙ МАТЕРИАЛ ДЛЯ СОЗДАНИЯ КОНВЕЙЕРА СОРТОВ ОВОЩНОЙ ВИГНЫ

М.В. Гуркина, Е.А. Крылова, М.О. Бурляева

Федеральный исследовательский центр Всероссийский институт генетических ресурсов растений имени Н.И. Вавилова, Санкт-Петербург, Россия, e-mail: m.burlyaeva@vir.nw.ru

INITIAL MATERIAL FOR VEGETABLE COWPEA VARIETY DEVELOPMENT PIPELINE

M.V. Gurkina, E.A. Krylova, M.O. Burlyaeva

N.I. Vavilov All-Russian Institute of Plant Genetic Resources, St. Petersburg, Russia,
e-mail: m.burlyaeva@vir.nw.ru

Вигна (*Vigna unguiculata* (L.) Walp.) – важный вид бобовых, широко используемый в питании людей и животных в полузасушливых тропических и пустынных районах. В пищу употребляют практически все части растения – бобы, семена, ростки, листочки и молодые побеги (Gonçalves et al., 2026). Семена и бобы вигны источник витаминов, антиоксидантов, клетчатки, микроэлементов и других питательных веществ (Abebe, Alemayehu, 2020; Razgonova и др., 2022). Свежие бобы овощной вигны входят в состав замороженных овощных смесей, которые хорошо известны российским потребителям и пользуются спросом на внутреннем рынке. Вид может с успехом возделываться в открытом грунте в южных регионах России (на юге Дальнего Востока, в Астраханской обл.). Спаржевые бобы в смеси с другими овощами, выращенными в нашей стране, могут заместить аналогичную продукцию, поступающую к нам из Европы. Кроме того, в силу высокого спроса на овощные бобовые в Китае, Южной Корее и в странах Юго-Восточной Азии, спаржевая вигна имеет значительный экспортный потенциал и могла бы стать востребованной и рентабельной культурой в производстве на Дальнем Востоке Российской Федерации.

В России наиболее известны и популярны овощные сорта. На сегодняшний день в Госреестр селекционных достижений РФ включено 30 овощных сортов. Однако в основном их выращивают на приусадебных участках и в фермерских хозяйствах. Для расширения ареала культуры, увеличения посевных площадей и востребованности на рынке АПК необходима разработка пакетных решений, включающих конвейеры сортов в совокупности с агротехнологиями. Ускоренная и эффективная селекция сортов, обладающих заданными характеристиками, для использования в высокотехнологичных производствах, возможна при применении современных молекулярно-генетических методов, позволяющих выявить и анализировать гены, ассоциированные с хозяйственно ценными признаками, получать доноры этих признаков и др.

Сорта овощной вигны, создаваемые для нашей страны, должны характеризоваться высокой урожайностью бобов, пригодностью к механизированному возделыванию и хорошими вкусовыми качествами зеленых бобов, не должны содержать волокна и пергаментного слоя в створках, иметь ярко-зеленую или вишневую окраску. Кроме того, для бесперебойного поступления овощной продукции на перерабатывающие предприятия они должны отличаться различной длиной периода вегетации от всходов до технической спелости лопатки. Обеспечение производства сырья в течение длительного времени и конвейерного поступления продукции на переработку можно достичь и при выращивании скороспелых сортов вигны, посеянных в разные сроки (с конца апреля по июль) в поздневных посевах.

С 2021 г. на Астраханской опытной станции ВИР нами начато создание сортов, отвечающих вышеперечисленным требованиям. Изучали образцы в двух опытах. Для исследования в первом опыте из коллекции ВИР были отобраны 16 лучших сортов с разной

длиной вегетационного периода (в. п.) до налива бобов от 40 до 60 суток (сут.). Для испытания во втором опыте (в пожнивных посевах) были выбраны 3 скороспелых сорта селекции ВИР: 'Астраханская Красавица', 'Лянчихе' и 'Самма Нова' (рисунок). Эти сорта высевались в четыре срока: 28 апреля, 27 мая, 22 июня и 12 июля. В каждом опыте растения изучены по 38 признакам – 11 фенологическим и 17 морфологическим и хозяйственно ценным признакам.

Молекулярно-генетическая работа проводилась на той же выборке образцов, анализировали гены, отвечающие за инициацию цветения.

В рамках данного исследования был проведен поиск гомологичных последовательностей генов *FT* и *TFL1* в геноме вигны. Продукты этих генов относятся к эволюционно консервативной группе белков, связывающих фосфатидилэтаноламин. *FT* способствует переходу растения от вегетативного развития к репродуктивной стадии, иницируя цветение, а *TFL1* действует как репрессор инициации цветения. Нами выполнено ресеквенирование аллелей генов *FT* и *TFL1* у контрастных образцов. Только у образца к-1489 нами была обнаружена однонуклеотидная несинонимичная замена в четвертом экзоне (1174C/A, Pro/His) гена *TFL1*. У образцов к-706 и к-1473 были идентифицированы одинаковые, значительные перестройки в интронах гена *FT*, а также несинонимичная однонуклеотидная замена в первом экзоне 1092 T→G, приводящая к замене полярной, серосодержащей аминокислоты цистеина на неполярную, ароматическую аминокислоту триптофан. Полученные результаты демонстрируют высокую консервативность генов *FT* и *TFL1*. Требуется дальнейший поиск и анализ других генов-кандидатов, связанных с признаком инициации цветения вигны.



'Астраханская Красавица'



'Лянчихе'



'Самма Нова'

Рисунок. Лучшие овощные сорта вигны, испытываемые в пожнивном посеве

По результатам полевого испытания в первом опыте среди сортов разных групп спелости были найдены образцы с высокой продуктивностью овощных бобов, которая достигала у образцов с в. п. до технической спелости бобов 64–66 сут. 310 г с растения (к-858); у образцов с в. п. 68–74 сут. – 352 г (к-797, к-1092); у образцов с в. п. 80–111 сут. – 426 г (к-1124), 366 г (к-1473), 360 г (к-1091). Образцы скороспелые со сжатой формой куста и имели хорошую, но не самую высокую продуктивность – 101 г (к-817) и 128 г (к-631053).

Во втором полевом опыте было выявлено, что продуктивность бобов у сорта 'Самма Нова' выше в первом посеве (592 г) и постепенно снижается к четвертому (111 г). У сорта 'Астраханская Красавица' лучшие результаты по продуктивности наблюдались во втором (624 г) и третьем (519 г) посеве, в четвертом они опускались до 120 г. У сорта 'Лянчихе' максимальная продуктивность была в третьем посеве (273 г), зато в четвертом посеве она оказалась выше, чем у других образцов (196 г).

Выявленные особенности сортов можно использовать, выращивая их в оптимальные для каждого генотипа сроки, что позволит получать большие урожаи в течение всего периода вегетации растений и обеспечит производителей продукцией в течение летнего сезона.

ДНК-МАРКЕРЫ *Rpi*-ГЕНОВ В ПОТОМСТВЕ СЛОЖНЫХ МЕЖВИДОВЫХ ГИБРИДОВ КАРТОФЕЛЯ

Е.А. Заварихина, Н.В. Алпатьева, Е.В. Рогозина

Федеральный исследовательский центр Всероссийский институт генетических ресурсов растений имени Н.И. Вавилова, Санкт-Петербург, Россия, e-mail: zavarihinakat@gmail.com

DNA MARKERS OF *Rpi* GENES IN OFFSPRINGS OF COMPLEX INTERSPECIFIC POTATO HYBRIDS

E.A. Zavarikhina, N.V. Alpatieva, E.V. Rogozina

N.I. Vavilov All-Russian Institute of Plant Genetic Resources, St. Petersburg, Russia, e-mail: Zavarikhinakat@gmail.com

Эффективность отечественной селекции картофеля во многом зависит от постоянного обновления генофонда, выделения и создания источников и доноров ценных признаков, среди которых устойчивость к абиотическим и биотическим факторам – один из ключевых параметров современного сорта. Выявление ДНК-маркеров генов устойчивости, эффективных для отбора ценных сегрегантов в селекционном материале, является актуальным направлением исследований и позволит ускорить процесс создания новых отечественных сортов. Гибридные клоны и сорта картофеля с высокой (7-8 баллов) устойчивостью к фитофторозу, несущие от одного до 4-5 *Rpi*-генов (генов устойчивости к фитофторозу), перспективны для использования в качестве родительских форм в селекции картофеля. Цель работы – анализ межвидовых гибридов и потомства от их скрещивания на наличие ДНК-маркеров *Rpi*-генов.

Изучены две родительские формы – клоны 16/27-09 × 8-1-2004 и потомство от их скрещивания – 80 гибридов поколения F1. Клон 16/27-09 выделен в потомстве $\{[(S. berthaultii \times \text{Тайга}) \times \text{Омега}] \times (4-94 \times 9-94)\} \times \text{Наяда}$, относится к среднепоздней группе спелости, формирует желтые клубни, овальной формы с мелкими розовыми глазками, средняя масса клубня 80 г, содержание крахмала 21%, устойчив к фитофторозу. Клон 8-1-2004 выделен в потомстве (*S. okadae* к-20921 × *S. chacoense* к-19759), относится к среднеранней группе спелости, с желтыми клубнями, округлой формы, средняя масса клубня 90 г, содержание крахмала 15–21%, устойчив к золотистой картофельной нематоды *Globodera rostochiensis* Wollenweber патотипа Ro1, раку картофеля *Synchytrium endobioticum* (Schilb.) Pers. и Y вирусу картофеля. Родительские формы и гибриды F1 оценены на наличие SCAR маркеров трех генов: *Rpi-R1* (R1-1205), *Rpi-R8* (R8-1276) и *Rpi-blb1/Rpi-sto1* (Blb1-821, Sto1-890). В качестве стандартов при ПЦР-анализе использованы сорта ‘Алуэт’, ‘Наяда’ и ‘Сударыня’. Препараты ДНК выделяли из листьев молодых растений. Условия проведения ПЦР и нуклеотидные последовательности праймеров аналогичны опубликованным (Rogozina et al., 2021).

Данные ПЦР анализа сортов и клонов картофеля в основном согласуются с результатами ранее проведенного скрининга (Beketova et al., 2021, Rogozina et al., 2021). У материнской формы – клон 16/27-09 подтверждено наличие маркеров трех *Rpi* генов, у сортов ‘Наяда’ и ‘Сударыня’ – наличие маркера гена *Rpi-R1* и маркеров генов *Rpi-R8* и *Rpi-blb1/Rpi-sto1* соответственно (таблица). В поколении F1 от скрещивания клонов 16/27-09 и 8-1-2004 происходит расщепление по маркерам *Rpi*-генов: 42 генотипа F1 несут маркер гена *Rpi-R1*, 38 генотипов – маркер гена *Rpi-R8*, и 42 генотипа имеют оба маркера гена *Rpi-blb1/Rpi-sto1*. Сегрегация F1 гибридов по маркерам *Rpi*-генов соответствует отношению 1 : 1 ($\chi^2 = 0,11$ или 0,21, при $p = 0,50-0,80$). Очевидно, что материнская форма – клон 16/27-09 имеет по одному аллелю каждого гена: *Rpi-R1*, *Rpi-R8* и *Rpi-blb1/Rpi-sto1*. Независимое наследование *Rpi*-генов объясняет дифференциацию F1 гибридов на восемь классов в зависимости от числа или комбинаций маркеров *Rpi*-генов в генотипе.

Обнаружено семь генотипов, которые, как материнская форма, имеют все три *Rpi*-гена, 12 генотипов несут два гена *Rpi-R1* и *Rpi-R8*, 14 генотипов несут два гена *Rpi-R1* и *Rpi-blb1=Rpi-sto1*, 11 генотипов несут два гена *Rpi-R8* и *Rpi-blb1=Rpi-sto1*, девять, восемь и десять генотипов несут по одному гену *Rpi-R1*, *Rpi-R8* или *Rpi-blb1/Rpi-sto1* соответственно. У десяти генотипов *Rpi*-гены не обнаружены. В целом наблюдаемое распределение F1 гибридов на восемь классов соответствует ожидаемому расщеплению в потомстве анализирующего скрещивания симплексной гетерозиготы по трем генам AaaaBbbbCccc × aaaabbbbccccc ($\chi^2 = 0,315$, при $p > 0,50$). В нашем исследовании при использовании пары праймеров, рекомендованных для детекции гена *Rpi-blb1/Rpi-sto1* (Sto1-890), у сорта 'Наяда' и клона 8-1-2004 получен ампликон 1010 пн вместо ожидаемого фрагмента длиной 890 пн. В F1 у 32 генотипов также обнаружен ампликон размером 1010 пн, у трех генотипов F1 – ампликоны двух размеров: 890 пн и 1010 пн. Второй маркер гена *Rpi-blb1/Rpi-sto1* (Blb1-821) не обнаружен ни у одного из 35 гибридов. Сопоставление родословных сорта 'Наяда' и клона 8-1-2004 (см. таблицу) не позволило установить возможный источник ДНК-фрагмента длиной 1010 пн.

Таблица. Маркеры *Rpi* генов у сортов и гибридных клонов картофеля

Сорт, гибрид	Устойчивость к фитофторозу, балл ¹	Виды <i>Solanum</i> в родословных ²	<i>Rpi</i> -гены (маркеры) ³			
			<i>Rpi-R1</i> (R1-1205)	<i>Rpi-R8</i> (R8-1276)	<i>Rpi-blb1=Rpi-sto1</i> (Rpi-blb1-821)	<i>Rpi-blb1=Rpi-sto1</i> (Rpi-sto1-890)
Алуэт	7–9	adg, dms, sto	–	–	–	–
Наяда	5-6	adg, dms, phu, sto, vrn	+	–	–	–
Сударыня	4–7	adg, dms, sto	–	+	+	+
16/27-09	6-7	adg, ber, chi, dms, plt, sml, sto	+	+	+	+
8-1-2004	3–5	chc, oka	–	–	–	–

Примечание: ¹ по шкале 1–9, где 9 – поражения нет;

² adg – *S. andigenum*, ber – *S. berthaultii*, chi – *S. chilotanum*, chc – *S. chacoense*, dms – *S. demissum*, oka – *S. okadae*, plt – *S. polytrichon*, sml – *S. simplicifolium*, sto – *S. stoloniferum*, vrn – *S. vernei*;

³ «+» / «–» – наличие/отсутствие маркерного фрагмента

Работа выполнена по плану НИР FGEM-2022-0004.

Список литературы

Beketova M.P., Chalaya N.A., Zoteyeva N.M., Gurina A.A., Kuznetsova M.A., Armstrong M., Hein I., Drobyazina P.E., Khavkin E.E., Rogozina E.V. Combination Breeding and Marker-Assisted Selection to Develop Late Blight Resistant Potato Cultivars. *Agronomy*. 2021. Vol. 11, No 11. P. 2192. DOI: 10.3390/agronomy11112192

Rogozina E.V., Beketova M.P., Muratova O.A. et al. Staking resistance genes in multiparental interspecific potato hybrids to anticipate late blight outbreaks. *Agronomy*. 2021. Vol. 11, No 1. P. 115. DOI: 10.3390/agronomy11010115

ИНДУКЦИЯ КАЛЛУСА У ОБРАЗЦОВ ВИГНЫ (*VIGNA UNGUICULATA* (L.) WALP.) ИЗ КОЛЛЕКЦИИ ВИР

Е.А. Крылова, А.В. Кондратьева

Федеральный исследовательский центр Всероссийский институт генетических ресурсов растений имени Н.И. Вавилова, Санкт-Петербург, Россия,
e-mail: e.krylova@vir.nw.ru

CALLUS INDUCTION IN *VIGNA UNGUICULATA* (L.) WALP. FROM THE VIR COLLECTION

E.A. Krylova, A.V. Kondratieva

N.I. Vavilov All-Russian Institute of Plant Genetic Resources, St. Petersburg, Russia,
e-mail: e.krylova@vir.nw.ru

Вигна (*Vigna unguiculata* (L.) Walp.) является одной из важнейших культур в мировом сельском хозяйстве и по данным ФАО занимает третье место по площади возделывания среди других зернобобовых. В настоящее время для привлечения генотипов вигны в программы по геномному редактированию необходимо отобрать генотипы с высоким регенерационным потенциалом и способностью к образованию эмбрионного каллуса.

Целью настоящего исследования было подобрать методику введения вигны в культуру *in vitro*, а также идентифицировать генотипы с высоким регенерационным потенциалом. Исходным материалом для исследования послужили семена пяти образцов (к-639, к-640, к-642, и-485062, и-632341) из коллекции вигны ВИР. Семена в течение 15 минут тщательно промывали мыльным раствором, после этого проточной водопроводной водой, а затем поверхностно стерилизовали в течение минуты 96-процентным этанолом. В качестве стерилизующего агента был использован 20-процентный раствор бытового хлорсодержащего отбеливателя АСЕ. Все дальнейшие работы проводили в ламинар-боксе. Семена трижды промывали в стерильной дистиллированной воде, затем помещали на питательную среду Мурасиге-Скуга с добавлением 0,5 мг/л 6-бензиламинопурина (БАП). Для дальнейшего получения каллуса с целью дальнейшего использования в генно-инженерных исследованиях мы использовали варианты питательных сред с добавлением регуляторов роста (индолил-3-уксусная кислота, индолил-3-масляная кислота, БАП, α -нафтилуксусная кислота (НУК), кинетин, 2,4-дихлорфеноксиуксусная кислота (2,4-Д)) в различных концентрациях. Для инициации каллусной культуры использовали разные типы эксплантов: эпикотили, гипокотили, листья, а также корни. Экспланты культивировали на светоустановках при температуре +18...+24°C и 12-часовом фотопериоде.

В ходе нашей работы была подобрана и успешно использована методика по введению в культуру *in vitro* семян *V. unguiculata*. Для успешной регенерации растений немаловажным является выбор экспланта. Наилучший показатель каллусогенеза (57%) был отмечен для гипокотилия, при этом у листьев самый низкий процент (5%) инициации каллуса. Листовые экспланты давали светло-желтый каллус, в то время как на стеблевых возникала зеленая или светло-зеленая мягкая каллусная ткань, которая со временем становилась светло-желтой, но продолжая при этом дальнейший рост. Таким образом, в последующих работах по геномному редактированию образцов вигны наиболее целесообразно использовать в качестве экспланта стеблевые сегменты. Для генотипов, включенных в исследование, были отмечены разные показатели каллусообразования. Для и-632341 характерны самые низкие показатели инициации каллусной ткани, в то время как для образцов к-639 и к-640 зафиксирован самый высокий процент каллусогенеза

(до 89%). Среди гормонов, приводящих к формированию каллуса, предпочтение отдали 2,4-Д в концентрации 2 мг/л, а также НУК – 5 мг/л.

В настоящее время проводится работа по подбору питательных сред для индукции соматического эмбриогенеза из каллусной ткани.

Работа выполнена при финансовой поддержке проекта РНФ № 21-66-00012.

ОПЫТ ГЕНОТИПИРОВАНИЯ КОЛЛЕКЦИИ КОСТОЧКОВЫХ КУЛЬТУР МАЙКОПСКОЙ ОПЫТНОЙ СТАНЦИИ – ФИЛИАЛА ВИР

А.К. Макаов, О.Ю. Антонова

Федеральный исследовательский центр Всероссийский институт генетических ресурсов растений имени Н.И.Вавилова, Санкт-Петербург, Россия, e-mail: a.makaov@vir.nw.ru , olgaant326@mail.ru

THE EXPERIENCE OF GENOTYPING THE COLLECTION OF STONE FRUIT CROPS OF THE MAIKOP EXPERIMENT STATION, A BRANCH OF VIR

A. K. Makaov, O. Yu. Antonova

N.I. Vavilov All-Russian Institute of Plant Genetic Resources, St. Petersburg, Russia, e-mail: a.makaov@vir.nw.ru , olgaant326@mail.ru

Коллекция косточковых культур, сохраняемая на Майкопской опытной станции – филиале ВИР, была заложена в 1930 году и является одной из крупнейших в России. В ее состав входят 612 образцов сливы и ее сородичей, относящихся к 8 видам (*Prunus domestica* L., *P. cerasifera* Ehrh., *P. spinosa* L., *P. curdica* Fenzl. and Fritsch., *P. nigra* Aiton, *P. tenella* Batsch., *P. hortulana* L.H. Bailey и *P. × rossica* Erem). Особенно широко представлены слива домашняя *P. domestica* (393 образца) и ее предковые виды алыча *P. cerasifera* (99 образцов) и терн *P. spinosa* (30 образцов). Важное место в коллекции занимают региональные сорта сливы и алычи, собранные или выведенные на Майкопской опытной станции, в Республике Адыгея и Краснодарском крае.

В нашей работе начато SSR-генотипирование образцов сливы домашней, алычи и терна из коллекции Майкопской ОС. Первая экспериментальная выборка содержала 89 образцов, в том числе 60 сортов сливы домашней, 15 образцов алычи, один сорт сливы русской (гибридный вид, полученный на основе алычи и сливы китайской) и 13 образцов терна различного географического происхождения. Основную часть выборки составляют сорта местной селекции. Образцы выборки обладают высокими органолептическими свойствами, а также демонстрируют устойчивость к биотическим и абиотическим факторам среды.

Для анализа на основе анализа литературных данных были подобраны 15 пар SSR-праймеров, основу набора составили 9 пар, рекомендованных Европейской программой сотрудничества по генетическим ресурсам растений (ECPGR; URL: www.ecpgr.cgiar.org). В настоящее время получены микросателлитные профили для 6 локусов: BPPCT014, BPPCT040, RPPG6-033, ps08e08, CPST026 и RPPG4-059. Все они у изученных образцов выборки были высоко полиморфны, при этом уровень полиморфизма у гексаплоидной сливы ожидаемо оказался выше, чем у диплоидной алычи и тетраплоидного терна. Так, у алычи в среднем на локус выявлено 4,4 аллеля (от 2 до 13), у терна – 13,6 (от 3 до 26), а у сливы – 16,3 (от 4 до 32). Значения индекса полиморфизма PIC у образцов алычи находились в диапазоне от 0,291 до 0,904 (среднее 0,582), у терна – от 0,565 до 0,951 (среднее 0,785) и у сливы – от 0,586 до 0,938 (среднее 0,809).

Высокий уровень полиморфизма позволил различить все изученные сорта сливы и разработать на основе SSR-профилей предварительные молекулярно-генетические паспорта. В дальнейшем информация в паспортах будет расширена за счет подключения новых локусов.

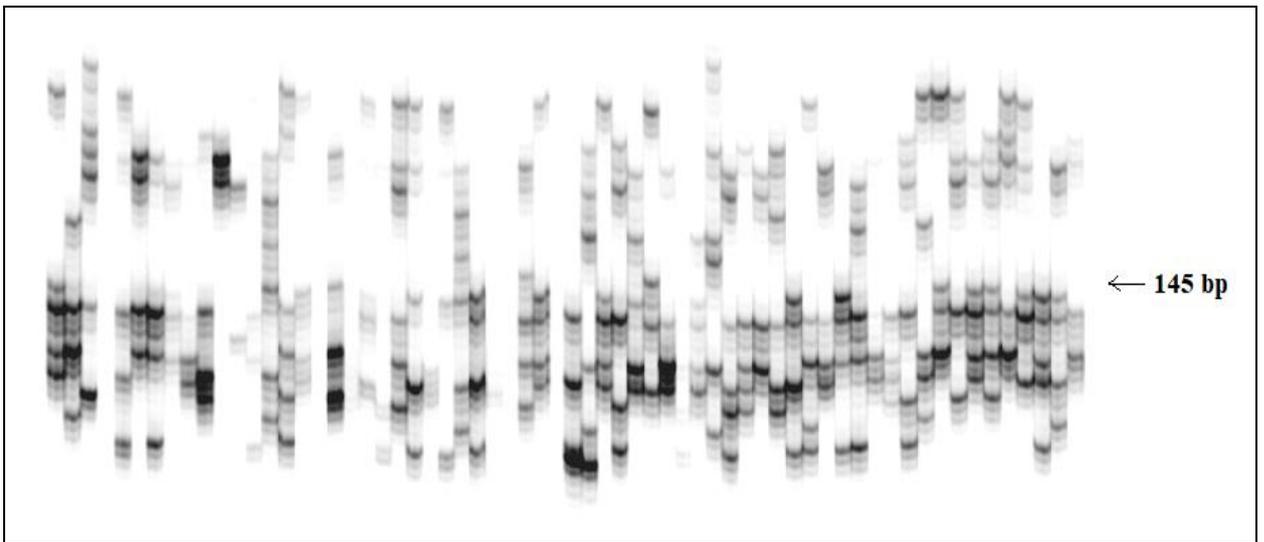


Рисунок. ПЦР-продукты, выявленные у генотипов сливы домашней для локуса VPPST040

УСТОЙЧИВОСТЬ ОБРАЗЦОВ ЯЧМЕНЯ ИЗ АЗИАТСКОЙ ЧАСТИ РОССИИ К ОБЫКНОВЕННОЙ ЗЛАКОВОЙ ТЛЕ

Е.Е. Радченко, Д.Е. Акимова, И.А. Звейнек

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

GREENBUG RESISTANCE IN BARLEY ACCESSIONS FROM THE ASIAN PART OF RUSSIA

E.E. Radchenko, D.E. Akimova, I.A. Zveinek

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

Обыкновенная злаковая тля *Schizaphis graminum* Rondani наносит существенный ущерб посевам ячменя в южных регионах Российской Федерации. Существенно ограничить вредоносность тли можно с помощью селекции и возделывания устойчивых сортов. В то же время характерное для *S. graminum* специфическое взаимодействие с генотипами растения-хозяина определяет необходимость постоянного поиска новых доноров устойчивости для расширения генетического разнообразия сортов ячменя. В лабораторных опытах изучили 345 образцов ячменя из азиатской части России по устойчивости к краснодарской (Кубанская опытная станция – филиал Всероссийского института генетических ресурсов растений имени Н.И. Вавилова (ВИР), Гулькевичский район) популяции тли. Насекомое вызывает некротизацию растительной ткани в месте питания, что позволяет относительно просто тестировать устойчивость растений. Семена высевали рядами в пластиковые кюветы, наполненные нестерильной смесью почвы, песка и торфа. В каждую кювету помещали по одному рядку неустойчивого контроля (сорт ‘Белогорский’) и 10 рядков испытываемых форм. Ювенильные растения заселяли смесью клонов, стряхивая разновозрастных тлей (4-5 особей/растение) на оцениваемые образцы ячменя. При гибели контроля оценивали устойчивость по шкале от 0 (нет повреждений) до 10. Растения с баллами 1–4 (повреждено до 30% листовой поверхности) относили к классу устойчивых, 9-10 – восприимчивых. Эксперименты проводили в световом зале, где поддерживалась температура воздуха +20...+25°C. Выделили 7 гетерогенных по устойчивости образцов: к-14714, к-14718, к-14733 (местные, Тува), к-24756 (местный, Якутия), к-29622 (‘Маяк’), к-30826 (‘Вулкан’, Красноярский край), к-30121 (‘Иркут’, Иркутская обл.), поврежденность устойчивого компонента у которых составляла 2–8 баллов. Значительная изменчивость признака может обуславливаться проявлением генов со слабым фенотипическим эффектом и/или присутствием в популяции *S. graminum* клонов с различной вирулентностью к изученным формам. В предыдущих опытах выделился гетерогенный сорт ‘Онохойский’ (к-16626, Бурятия), у которых выявлены растения с отчетливо проявляющейся устойчивостью к вредителю. Чистая линия, отобранная из этого сорта, устойчива к популяции насекомого: поврежденность растений составляла 2-3 балла. Однако при заселении растений сорта ‘Онохойский’ 108 клонами *S. graminum*, выделенными из краснодарской популяции, выявлены и совместимые комбинации взаимодействия фитофага с растением-хозяином. Эксперименты с тест-клонами *S. graminum* продемонстрировали различие генетического контроля устойчивости сортов ‘Онохойский’ и ‘Post’ (носитель идентифицированного ранее гена устойчивости *Rsg1*). Анализ расщепления F₂ от скрещивания к-16626 с восприимчивым сортом ‘Белогорский’ показал, что сорт ‘Онохойский’ имеет один доминантный аллель устойчивости к обыкновенной злаковой тле.

МОЛЕКУЛЯРНОЕ ИЗУЧЕНИЕ ГЕНЕТИЧЕСКОГО РАЗНООБРАЗИЯ СОРТОВ И ЛИНИЙ РОДА × *TRITICOSECALE* WITTM. EX A. CAMUS НА НАЛИЧИЕ ГЕНОВ УСТОЙЧИВОСТИ К ВОЗБУДИТЕЛЮ СТЕБЛЕВОЙ РЖАВЧИНЫ

К.Ю. Саенко^{1,2}, М.В. Дудников^{2,3}

¹Федеральный научный центр биологической защиты растений, Краснодар, Россия,
e-mail: saenkok1997@yandex.ru

²Всероссийский научно-исследовательский институт сельскохозяйственной биотехнологии, Москва, Россия

³Московский физико-технический институт (национальный исследовательский университет), Долгопрудный, Россия

MOLECULAR STUDY OF THE GENETIC DIVERSITY OF VARIETIES AND LINES OF THE GENUS × *TRITICOSECALE* WITTM. EX A. CAMUS FOR THE PRESENCE OF RESISTANCE GENES TO THE CAUSATIVE AGENT OF STEM RUST

K.Yu. Saenko^{1,2}, M.V. Dudnikov^{2,3}

¹Federal Research Center of Biological Plant Protection, Krasnodar, Russia,
e-mail: saenkok1997@yandex.ru

²All-Russia Research Institute of Agricultural Biotechnology, Moscow, Russia

³Moscow Institute of Physics and Technology, Moscow, Russia

Тритикале (× *Triticosecale* Wittm. ex A. Camus) – это зерновая культура со стабильно растущим производством благодаря аллополиплоидному происхождению, унаследовавшая урожайность и качество зерна от пшеницы, а экологическую толерантность и устойчивость к болезням от ржи. На территории Российской Федерации в последние годы на культуре тритикале все чаще отмечается поражение возбудителем стеблевой ржавчины *Puccinia graminis* f. sp. *tritici* (Pgt), имеющее эпифитотийный характер.

Высокая опасность Pgt, наряду с легкостью распространения в природе, обусловлена быстрой способностью мутировать и образовывать новые патогенные расы, подавляя эффективные гены устойчивости.

Актуальной задачей является изучение генофонда не только пшеницы и ее сородичей, но и тритикале – перспективной зерновой культуры с растущим промышленным возделыванием, для определения новых и эффективных генов устойчивости к Pgt. Таким образом, целью исследования являлось генотипирование коллекции яровой тритикале по устойчивости к стеблевой ржавчине *P. graminis* f. sp. *tritici* с помощью ПЦР-маркеров для выявления генетического разнообразия исследуемого материала.

В качестве объектов исследования были выбраны 37 сортов и линии яровой тритикале из коллекции ФГБНУ «Всероссийский научно-исследовательский институт сельскохозяйственной биотехнологии». Для проведения ПЦР-анализа, из литературных источников, были использованы праймеры для обнаружения пяти *Sr*-генов устойчивости: *Sr9a*, *Sr13*, *Sr23*, *Sr26*, *Sr31*. ДНК выделяли СТАВ-методом из трехдневных проростков зерна тритикале. Программы ПЦР-амплификации были использованы для каждого праймера, в соответствии с источником литературы, но имели некоторые уточнения в ходе оптимизации условий амплификации.

В результате проведения молекулярно-генетического скрининга коллекции сортов и линий тритикале нами были обнаружены ПЦР-фрагменты, характерные для четырех генов устойчивости: *Sr9a*, *Sr13*, *Sr23*, *Sr31*. Для всех сортов и линий тритикале были отмечены фрагменты, характерные для высокоэффективного ржаного гена устойчивости *Sr31*, который все еще сохраняет резистентность на территории Российской Федерации. Однако среди исследуемых генотипов не был обнаружен ген *Sr26*, что в большинстве

случаев подтверждается литературными источниками, за счет невысокого мирового распространения этого гена среди зерновых культур. Чаще всего в коллекции встречались гены *Sr9a*, *Sr13*, ПЦР-продукты для которых обнаружили у 30 и 28 генотипов соответственно. У 17 линий встречался фрагмент, характерный для *Sr23*.

Таким образом, нами было проведено молекулярно-генетическое исследование коллекции яровой тритикале. Были выявлены наиболее часто встречающиеся пшеничные и ржаные гены устойчивости, показаны перспективные линии и сорта тритикале как потенциальные доноры устойчивости к высокопатогенному объекту *P. graminis* f. sp. *tritici*.

**РАЗЛИЧИЯ МЕЖДУ АЛЛЕЛЯМИ ГЕНА *MI* УСТОЙЧИВОСТИ ЛЬНА
(*LINUM USITATISSIMUM* L.) К РЖАВЧИНЕ (*MELAMPSORA LINI* (PERS.) LEV.)**

**А.А. Слободкина^{1,2}, Т.В. Матвеева², А.В. Павлов¹, Н.Б. Брач¹, Н.А. Швачко¹,
Т.В. Семилет¹, А.С. Михайлова¹, С.Н. Кутузова¹, Е.А. Пороховинова¹**

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

²Санкт-Петербургский государственный университет, Санкт-Петербург, Россия

**DIFFERENCES BETWEEN ALLELES OF THE *MI* GENE OF RESISTANCE TO RUST
(*MELAMPSORA LINI* (PERS.) LEV.) IN FLAX (*LINUM USITATISSIMUM* L.)**

**A.A. Slobodkina^{1,2}, T.V. Matveeva², A.V. Pavlov¹, N.B. Brutch¹, N.A. Shvachko¹,
T.V. Semilet¹, A.S. Mikhailova¹, S.N. Kutuzova¹, E.A. Porokhovinova¹**

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

²St. Petersburg State University, St. Petersburg, Russia

Ржавчина (*Melampsora lini* (Pers.) Lev.) – одно из вредоносных заболеваний льна. Генетический контроль устойчивости к ней изучен достаточно хорошо, всего известно шесть локусов устойчивости: *K*, *L*, *M*, *N*, *P* и *Q*, для первых пяти из них характерен множественный аллелизм. Гены *L*, *M*, *N* и *P* относятся к TNL классу генов устойчивости. Показано, что только локус *L* тождественен гену, а локусы *M*, *N* и *P* – кластеры тесно сцепленных генов (Ravensdale et al., 2011). Локус *M* состоит как минимум из двух генов: аллели первого – *M* и *M1comp1*, а второго – *M1*, *M3* и *M4*. Секвенирование аллелей *M*, *M1comp1*, *M1* и *M3* осуществлено в 2010 году (Lawrence et al., 2010), до полногеномного секвенирования льна (Wang et al., 2012). Последовательность аллели *M4* не определена. Поэтому целью нашей работы было найти различия между аллелями *M1* и *M4* гена *MI* из линий Williston Brown (*M1*) и Victory A (*M4*).

Геномную ДНК выделяли из корешков проростков линии гк-124 (л-4-1 из к-6307, Victory A, США). Подбор праймеров для амплификации гена *MI* осуществляли с использованием базы данных NCBI в программе Ugene 41 (<https://ugene.net>), IDTDNA (<https://eu.idtdna.com>). Праймеры подбирали так, чтобы одновременно соблюдалось несколько условий: (1) в местах отжига праймеров отличие целевой последовательности *M1*(GQ141888.1) от других гомологов *M*, *M1comp*, *L6*, *L9*, *L10*, *N1-A*, *N1-B*, *N1-C*, *P3-A*, *P3-B* должно составлять не менее 5 из 20–40 н.; (2) в области отжига праймеров не должно быть различий между аллелями *M1* и *M3* (GQ141889.1); (3) праймеры не должны иметь альтернативных мест посадки в пределах изучаемого гена. Всего подобрано 9 прямых праймеров и 5 обратных. Сначала амплифицировали весь ген. Затем проводили вложенную ПЦР на его продукте, амплифицируя фрагмент ДНК, начиная с участка гена, кодирующего область между LRR5 и LRR6 районами и до конца гена. Секвенирование по Сенгеру было выполнено ресурсным центром РМиКТ СПбГУ. Анализ сиквенсов проводили в программе Ugene 41. Выравнивание нуклеотидных последовательностей аллелей гена *MI* – *M1* и *M4* осуществляли с помощью программы Ugene 41 алгоритмом MUSCLE.

Аллель *M1* слабо эффективна против популяции ржавчины искусственного инфекционного фона ВИР, сравнение с ней аллели *M4* может выявить замены, приводящие к устойчивости. Исходя из данных NCBI продукт гена *MI* (ACS91452.1) состоит из TIR, NB-ARC и LRRs доменов. Лейцин-обогащенный домен (LRRs) состоит из пятнадцати лейцин-обогащенных районов, которые образуют 3 группы: (1) LRR1-5, (2) LRR6-10, (3) LRR11-15. Ген *MI* состоит из 4678 пн, а его продукт из 1401 а. к. Для аллели *M4* гена *MI* всего было проанализировано 1701 пн и 567 а. к. В работе рассматриваем только несинонимичные аминокислотные (АК) замены, нумерацию АК ведем по продукту

гена *M1*. Из 567 проанализированных АК выявлено 48 замен, одна инсерция трех АК (Leu, Pro, Arg) между His873 и Tyr874; инсерция Lys между Ile1289 и Glu1280 и делеция Lys864. Наибольшее количество замен было на участке между LRR5 и LRR6 (21 из 94 а.к.), LRR 6 (7 из 28 АК) и в С-концевом участке (13 из 161 АК). Основные замены оказались во второй группе LRR-районов (LRR6-9) и только одна замена оказалась в LRR11 в группе LRR10-15.

Известно, что каждый LRR включает в себя ядро из примерно 26 АК, содержащее мотив L-xx-L-xx-L-x-L-xx-C/N-xx (где x – любая АК), вместо лейцина допускается валин и изолейцин (Leah et al., 2006). Таким образом, значимые замены, приводящие к изменению структуры LRR – лейцина, валина и изолейцина на другой тип АК или наоборот – появление этих АК. Обнаружено три таких замены: Ile930 на Thr930 и Val935 на Thr935 находятся между лейцинами, т. е., скорее всего, не приводят к изменению конформации белка. Замена Glu986 на Val986 может привести к изменению конформации лейцин-обогащенного домена. Также выявлено 12 замен лейцина, валина и изолейцина в междоменном пространстве, которые теоретически могут приводить к изменению конформации белка.

Таким образом, секвенировав менее половины последовательности аллели M4, установлено множество замен, приводящих к изменению АК последовательности белка. На данном этапе нельзя с уверенностью сказать, какая или какие из замен приводят к изменению функции белка, но, несмотря на это, на любую из них можно разработать маркеры, чтобы контролировать передачу аллели гибридам от линии гк-128. Поэтому нами проведено 3D моделирование с помощью программы SWISS (<https://swissmodel.expasy.org>). В качестве референсной модели использовали белковую кристаллическую структуру белка PEPR1 – AtPEP1 (Tang et al., 2015) т.к. она имела наибольшую степень сходства и перекрытия с последовательностью обоих белков. Аннотацию замен проводили с помощью программы EZMOL (<http://www.sbg.bio.ic.ac.uk/ezmol/>). По литературным данным, LRRs имеет подковообразную структуру. Выявленные в данной работе замены локализируются как внутренней области «подковы», так и внешней. В структуре белка LRRs доменов M1 есть несложная часть в позиции белка 964 – 972 АК(CHDLTEILP), на M4 ее нет. Возможно, это обуславливается мутацией Gly962 – Glu962, приводящей к изменению полярности молекулы в районе LRR7. Подковообразная структура белка M1 менее выраженная, чем у M4 («подкова» белка M1 более «согнута», а M4 – более горизонтальна). Исходя из этого, можно сделать вывод о том, что данная измененная структура белка M4 повлияла на устойчивость.

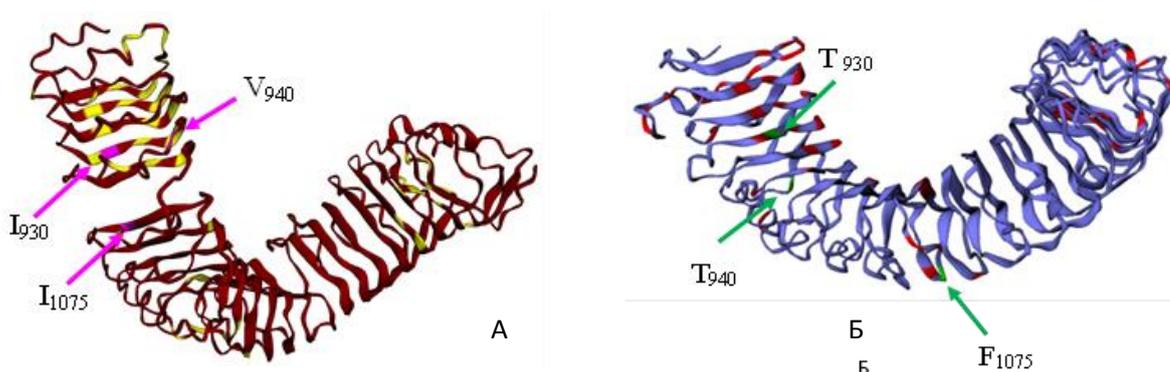


Рисунок. 3D-структура белка (LRRs-домены) M1 и M4. А – белок M1, желтым выделены замены по сравнению с M4. Б – белок M4, красным выделены замены, зеленым выделены замены с большей вероятностью приводящие к изменению структуры белка

Главная причина такого большого отличия между аллелями, по нашему мнению, в том, что лен имеет полифилетическое происхождение и линии, несущие сравниваемые аллели, относятся к центрально-азиатской (*M1*) и средиземноморской разновидностям

(M4), и, возможно, большинство замен накопилось в силу того, что линии претерпевали независимую эволюцию в разных геоэкологических регионах до контакта с патогеном, который имеет американское происхождение.

Работа выполнена при поддержке Министерства науки и высшего образования Российской Федерации 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».

Выражаем благодарность сотрудникам ресурсного центра развития молекулярных и клеточных технологий СПбГУ.

ГЕНЕТИЧЕСКИЕ РЕСУРСЫ ДИКОРАСТУЩИХ ВИДОВ СМОРОДИНЫ (*RIBES* L.) НА ТЕРРИТОРИИ РЕСПУБЛИКИ САХА (ЯКУТИЯ)

Г.В. Таловина^{1,2}, О.А. Тихонова¹, Т.С. Коробкова³, Е.Г. Николин³, К.С. Пикула²

¹Федеральный исследовательский центр Всероссийский институт генетических ресурсов растений имени Н.И. Вавилова, Санкт-Петербург, Россия,
e-mail: g.talovina@vir.nw.ru

²Федеральный исследовательский центр «Якутский научный центр Сибирского отделения Российской академии наук», Якутский научно-исследовательский институт сельского хозяйства имени М.Г. Сафронова – обособленное подразделение ФИЦ ЯНЦ СО РАН, Якутск, Россия

³Федеральный исследовательский центр «Якутский научный центр Сибирского отделения Российской академии наук», Институт биологических проблем криолитозоны СО РАН – обособленное подразделение ФИЦ ЯНЦ СО РАН, Якутск, Россия

WILD CURRANT (*RIBES* L.) GENETIC RESOURCES IN THE REPUBLIC OF SAKHA (YAKUTIA)

G.V. Talovina^{1,2}, O.A. Tikhonova¹, T.S. Korobkova³, E.G. Nikolin³, K.S. Pikula²

¹N.I. Vavilov All-Russian Institute of Plant Genetic Resources, St. Petersburg, Russia,
e-mail: g.talovina@vir.nw.ru

²The Yakut Scientific Centre of the Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences, M.G. Safronov Yakut Scientific Research Institute of Agriculture, a Division of FRC YaSC SB RAS, Yakutsk, Russia

³The Yakut Scientific Centre of the Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences, Institute for Biological Problems of Cryolithozone of the Siberian Branch of the RAS, a Division of FRC YaSC SB RAS, Yakutsk, Russia

Флора Якутии характеризуется довольно заметным разнообразием видов *Ribes* L., Grossulariaceae. В естественных природных сообществах здесь произрастает восемь видов смородины, что составляет более 5% от общего количества видов в мире и около 20% видового состава рода флоры России и сопредельных стран (в границах СССР). Смородина в Якутии активно используется в пищу местным населением. Дикорастущие виды смородины относятся к диким родичам культурных растений (ДРКР) и могут представлять интерес в селекционной работе с культурными формами и сортами. Якутские виды смородины отличаются между собой по пищевым характеристикам, но все они обладают такими важными показателями, как холодоустойчивость и засухоустойчивость. Виды смородины востребованы в культуре не только как пищевые, но и как декоративные растения. Образцы из Якутии могут использоваться в селекции для получения сортов, пригодных для выращивания в северных и в средних широтах. На основе выявленных закономерностей в эколого-географическом распространении дикорастущих видов *Ribes* (Таловина и др., 2022) проведен анализ экологической приуроченности и селекционного значения дикорастущей смородины на территории Якутии с учетом хозяйственно ценных признаков.

Виды смородины представлены на исследованной территории в четырех широтных зонах от тундр до средней тайги. Большинство видов *Ribes* Якутии представлено только в Азии. В основном это восточносибирско-дальневосточные виды: *R. palczewskii* (Jancz.) Rojark., *R. dikuscha* Fisch. ex Turcz., *R. fragrans* Pall., *R. pauciflorum* Turcz. ex Rojark. У *R. triste* Pall. ареал простирается шире, охватывая не только Восточную Сибирь, Дальний Восток, север Японии и Китай, но и распространен в Северной Америке. Сибирско-восточноазиатский ареал *R. procumbens* Pall. охватывает юг Восточной и Западной Сибири, север Монголии, Китая и Кореи. Довольно обширные ареалы евразийского типа от тундр

до южной тайги имеют *R. nigrum* L. и *R. glabellum* (Trautv. & C.A. Mey.) Hedl. Некоторые представители рода тяготеют к горным районам (*R. dikuscha*, *R. fragrans*, *R. triste*), другие приурочены преимущественно к таежным широтным зонам (*R. glabrum*, *R. nigrum*, *R. pauciflorum*, *R. palczewskii*, *R. procumbens*) (Таловина и др., 2022).

1. *Ribes nigrum* – с. черная. В Якутии произрастает сибирский подвид, *R. nigrum* subsp. *sibiricum* (Egb. Wolf) Pavl. Встречается в поймах рек Якутской котловины в кустарниковых зарослях, каменистых россыпях, на влажных склонах, реже под пологом леса. Плоды темно-бурые или черные с вишневым оттенком, сладковато-кислые, душистые. Введена в культуру, широко культивируется с древних времен, является родоначальником большинства сортов.

2. *R. pauciflorum* – с. малоцветковая. Характерные местообитания: пойменные и долинные лиственничные леса, зарастающие гари, кустарниковые заросли, каменистые склоны, пади. Вид считается более древним, возникшим ранее, чем сибирский и тем более европейский подвид смородины черной (Бочкарникова, 1973). Характеризуется обильным плодоношением. Плоды круглые, блестящие, черные с многочисленными железками, с плотной кожицей (экзокарпом); душистые, кисло-сладкие, одновременно созревающие и опадающие по мере созревания. Эта смородина может выращиваться в средних и северных районах России. Способна хорошо разрастаться корневыми отпрысками. Все части растения обильно усеяны эфирномасличными железками, вследствие чего имеют характерный смолистый аромат. В селекции использовалась в меньшей степени, чем смородина дикуша, хотя это направление может считаться перспективным, поскольку известны формы с высоким содержанием в плодах Р-активных веществ, устойчивые к грибным заболеваниям и повреждению вредителями.

3. *R. dikuscha* – смородина дикуша, алданский виноград, алданка, охта. Растет в пойменных и долинных лесах: сырые опушки, кустарниковые заросли, зарастающие речные галечники, на островах, редко – на скалах. Плоды – иссиня-черные, с сизоватым восковым налетом, с мелкими семенами, одноразмерные, собранные в густые кисти ягоды. Селекционно значимыми признаками являются тонкая кожица ягод, которая не разрывается при сборе, высокая самоплодность и продуктивность. Плоды, как и листья, не имеют типичного черносмородинового аромата. Является носителем генов устойчивости к листовой галлице, американской мучнистой росе и антракнозу (Огольцова, 1992). Использование в селекции ее межвидового гибрида 'Приморский Чемпион' позволило перейти к качественно новому этапу в селекции культуры черной смородины. Сочетание генов европейского, сибирского подвидов смородины черной и смородины дикуши явилось основой создания большого разнообразия экономически значимых садовых форм (Тихонова, 2000). Высокохолодостойкое растение, обильно плодоносящее и широко используемое в пищу местным населением. Свежие ягоды вкусные, а варенья, соки и морсы имеют приятную темно-красную или темно-вишневую окраску. Ягоды охты в Якутии ценятся населением, пожалуй, больше всех других видов смородины. Только смородина черная и с. малоцветковая могут конкурировать с ней, но при этом их урожайность значительно уступает охте. Причем ягоды охты, несмотря на легкий сухой их отрыв при сборе, способны долго висеть на кусте, не осыпаясь, в то время как у с. малоцветковой ягоды по мере созревания осыпаются и быстро разлагаются под кустом.

4. *R. fragrans* – с. душистая это обычный, массовый вид в горной местности на территории обследования, причем в горных районах вид тяготеет к лесному поясу, заходя в тундровый, на каменистых россыпях выше леса смородина душистая встречается, но продуктивность ее по всем параметрам (в т.ч. и плодоношение) снижается. Продуктивность вида наиболее высока на каменистых россыпях в пределах границы леса и в подгольцово-кустарниковом поясе: на каменистых участках, среди лиственничных редколесий и в зарослях кедрового стланика. Плоды – темно-бурые, почти черные, терпкие смолистые, с очень заметным хвойным ароматом, сладковато-кислые в фазе неполного созревания. Ограниченно заготавливается населением Якутии.

5. *R. procumbens* – с. лежачая, моховка. Характерные местообитания – влажные леса: лиственничные и смешанные зеленомошные; заболоченные участки пойм: торфяные болота, береговые обрывы, замшелые берега ручьев и ключей. Плоды округлые с тонкой кожицей, ароматные, имеют точечные железки, окрашены от желто-зеленых до красных, бурых и фиолетовых оттенков. Представляет интерес как ценное ягодное растение, особенно как исходный материал для селекции. Вид имеет очень высокие вкусовые качества ягод (Лозина-Лозинская, 1954) и приятный тонкий аромат всего растения (Атлас лекарственных..., 2003).

6. *R. glabellum* (синонимы *R. glabrum* (Hedl.) Sennikov, *R. acidum* Turcz. ex Pojark.) – с. голая. Типичны для вида пойменные и долинские леса: кустарниковые заросли, скалистые склоны, террасы, обрывистые берега рек; сухой пояс аласов, пади; часто на местах заброшенных сельских жилищ, коровников и других построек. Плоды красные, прозрачные, кислые или сладковато-кислые, с тонкой кожицей. Характеризуется высоким качеством плодов и хорошей холодостойкостью. Ягоды традиционно заготавливаются местным населением.

7. *R. palczewskii* – с. Пальчевского. Растет в пойменных и долинных лесах: на берегах таежных рек, опушках леса, в кустарниковых зарослях. Плоды темно-красные, округлые или овальные, кисло-сладкие с толстой кожицей. Перспективна как ягодный и декоративный кустарник по всей лесной зоне.

8. *R. triste* – с. печальная. Пойменные леса: каменистые берега рек и ручьев, кустарниковые заросли; в горной местности в пределах лесного и подгольцово-кустарникового пояса: берега рек и ручьев, скалистые россыпи, болота (редко). Плоды темно-красные, очень кислые или сладковато-кислые, с тонкой кожицей. Перспективна как ягодное и медоносное растение, приспособлена к суровым условиям полярной Сибири.

Перспективными для пополнения коллекции генетических ресурсов растений и для селекции видами с максимальным числом хозяйственно ценных признаков на территории Якутии являются *Ribes pauciflorum*, *R. dikuscha*, *R. glabrum*, *R. palczewskii*, *R. procumbens*, *R. triste*, а также традиционно выращиваемый в культуре *R. nigrum*, который представлен в Якутии своими краевыми восточными популяциями.

Работа по изучению распространения представителей рода Ribes проводилась в контексте исследования разнообразия ДРКР Якутии в рамках государственного задания ЯНИИСХ ЯНЦ СО РАН «Комплексные междисциплинарные исследования по сохранению и пополнению коллекции генетических ресурсов растений в криолитозоне» (FWRS-2021-0048) и государственного задания ВИР «Обеспечение сохранения и пополнения коллекции генетических ресурсов растений» (FGEM-2023-0001).

Список литературы

Атлас лекарственных растений Якутии : [в 2 томах]. Т. 1. Лекарственные растения, используемые в научной медицине / ответственный редактор Б.И. Иванов ; [составители : Л.В. Кузнецова, В.И. Захарова, А.А. Егорова и др.] ; Российская академия наук, Сибирское отделение, Институт биологических проблем криолитозоны. Якутск : Издательство СО РАН, Якутский филиал, 2003. С. 131–135.

Бочкарникова Н.М. Черная смородина на Дальнем Востоке. Владивосток: Дальневосточное книжное издательство, 1973. 183 с.

Лозина-Лозинская А.С. Смородина – *Ribes* L. // Деревья и кустарники СССР : дикорастущие, культивируемые и перспективные для интродукции / редактор С.Я. Соколов. Москва ; Ленинград : АН СССР, 1954. Т. 3. С. 177–215.

Огольцова Т.П. Селекция черной смородины – прошлое, настоящее, будущее. Тула : Приокское книжное издательство, 1992. 381 с.

Таловина Г.В., Попова А.С., Кутукова А.С., Ноговицына П.А., Слепцов Т.С., Васильева И.В., Ситников М.Н., Пикула К.С. Распространение дикорастущих видов смородины (*Ribes* L.) на территории Республики Саха (Якутия) // *Vavilovia*. 2022. Т. 5, № 3. С. 10–20. DOI: 10.30901/2658-3860-2022-3-03

Тихонова О.А. Смородина черная // *Настольная книга садовода*. Санкт-Петербург : Лань, 2000. С. 337–390.

МЕТАНОЛ-ИНДУЦИРУЕМЫЙ ГЕН *NICOTIANA BENTHAMIANA* КОДИРУЕТ БЕЛОК, АССОЦИИРОВАННЫЙ С ЯДРЫШКОМ РАСТИТЕЛЬНОЙ КЛЕТКИ

Е.В. Шешукова¹, Н.М. Ершова¹, К.А. Камарова¹, Т.В. Комарова^{1,2}

¹Институт общей генетики им. Н.И. Вавилова Российской академии наук, Москва, Россия,
e-mail: sheshukova@vigg.ru

²Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова, Москва, Россия

A METHANOL-INDUCIBLE GENE OF *NICOTIANA BENTHAMIANA* ENCODES A PROTEIN ASSOCIATED WITH THE PLANT CELL NUCLEOLUS

E.V. Sheshukova¹, N.M. Ershova¹, K.A. Kamarova¹, T.V. Komarova^{1,2}

¹Vavilov Institute of General Genetics of the Russian Academy of Sciences, Moscow, Russia,
e-mail: sheshukova@vigg.ru

²Moscow State University, Moscow, Russia

Продуктивность растений в значительной степени зависит от эффективности экспорта через плазмодесмы (ПД) продуктов фотосинтеза из мезофилла во флоэму, а далее – в созревающие плоды и семена. Процессы, воздействующие на функционирование плазмодесм в сформированном листе, в основном связаны с ответом на стрессовые воздействия, неизбежно оказываемые на растения (Ganusova, Burch-Smith, 2019). Поэтому выяснение роли и механизмов функционирования клеточных факторов, оказывающих влияние на пропускную способность плазмодесмы, дает представление об ответе растения как целого многоклеточного организма на абиотические и биотические факторы окружающей среды и имеет как фундаментальный, так и прикладной смысл.

Ранее мы выявили ряд стресс-индуцируемых белков, стимулирующих межклеточный транспорт, а также оказывающих влияние на ядерно-цитоплазматический транспорт (Dorokhov et al., 2018). В ответ на повреждение и вирусную инфекцию происходит эмиссия газообразного метанола и индукция пектинметилэстеразы (ПМЭ). Метанол вызывает активизацию метанол-индуцируемых генов (МИГ), среди которых ген, кодирующий гомолог альдоза-1-эпимеразы (*Nicotiana benthamiana aldose-1-epimerase-like protein, NbAELP*), и *MIG21*. Продукты этих генов стимулируют межклеточный транспорт. NbAELP является секретлируемым белком, при этом он затрудняет ядерно-цитоплазматический транспорт белков (Sheshukova et al., 2017).

Ранее не идентифицированный ген *MIG21* кодирует белок размером 209 а. к. Структурный анализ белка *MIG21* показал сходство этого белка со средним консервативным доменом белка убинуклеина, являющегося ядерным белком, взаимодействующим с вирусными и клеточными транскрипционными факторами человека (Aho S. et al., 2000). С помощью флуоресцентной микроскопии мы показали, что *MIG21*, слитый с GFP, локализуется в ядре, в частности, в субъядерных структурах. Для уточнения внутриядерной локализации *MIG21* и анализа его потенциальных партнеров мы использовали систему бимолекулярной комплементации флуоресценции (BiFC), в рамках которой исследуемые белки, слитые с N- или C-концевым фрагментом желтого флуоресцентного белка (YFP) синтезируются в одной и той же клетке. Если они взаимодействуют или локализованы на расстоянии менее 100 Å, то наблюдается восстановление флуоресценции YFP. Мы получили генноинженерные конструкции, кодирующие *MIG21*, слитый с YN или YC. В качестве потенциальных белков-партнеров мы использовали коилин, который является мажорным белком телец Кахаля, и фибрилларин – белок ядрышка. Были получены конструкции, кодирующие коилин и фибрилларин, слитые с соответствующими фрагментами YFP (YN или YC). При совместной продукции тестируемых белков мы наблюдали восстановление

флуоресценции YFP как для пары MIG21+фибрилларин, так и для пары MIG21+коилин в соответствующих субъядерных структурах. Ядерная и ядрышковая локализация MIG21 может указывать на его потенциальную способность взаимодействовать с нуклеиновыми кислотами. Для проверки этого предположения мы получили рекомбинантный 6xHis-MIG21 в клетках *Escherichia coli* и поставили эксперимент по связыванию этого белка с последовательностями различных промоторов *in vitro* методом задержки в агарозном геле. Установлено, что 6xHis-MIG21 взаимодействует как с промоторами генов растений, так и с промотором из генома фитовируса.

Таким образом, MIG21 является белком, локализующимся в субъядерных структурах, в частности, в ядрышке и тельцах Кахалы, и обладает способностью связывать ДНК. На основании полученных в ходе этой работы данных и ранее обнаруженного свойства MIG21 влиять на межклеточный и ядерно-цитоплазматический транспорт макромолекул в растении мы предполагаем, что белок MIG21 может играть роль транскрипционного фактора и/или оказывать иное не прямое воздействие на экспрессию генов, участвующих в регуляции межклеточного транспорта в стрессовых условиях.

Работа была выполнена при финансовой поддержке Российского научного фонда (проект № 22-24-00895).

Список литературы

Aho S., Buisson M., Pajunen T., Ryoo Y.W., Giot J.F., Gruffat H., Sergeant A., Uitto J. Ubinuclein, a novel nuclear protein interacting with cellular and viral transcription factors // *Journal of Cell Biology*. 2000. Vol. 148, No 6. P. 1165–1176. DOI: 10.1083/JCB.148.6.1165

Dorokhov Y.L., Sheshukova E.V., Komarova T.V. Methanol in Plant Life // *Frontiers in Plant Science*. 2018. Vol. 9. DOI: 10.3389/fpls.2018.01623

Ganusova E.E., Burch-Smith T.M. Review: Plant-pathogen interactions through the plasmodesma prism. *Plant Science*. 2019. Vol. 279. P. 70–80. DOI: 10.1016/j.plantsci.2018.05.017

Sheshukova E.V., Komarova T.V., Pozdyshev D.V., Ershova N.M., Shindyapina A.V., Tashlitsky V.N., Sheval E.V., Dorokhov Y.L. The Intergenic Interplay between *Aldose 1-Epimerase-Like Protein* and *Pectin Methylesterase* in Abiotic and Biotic Stress Control. *Frontiers in Plant Science*. 2017. Vol. 8. DOI: 10.3389/fpls.2017.01646



КРУГЛЫЙ СТОЛ О БИОХИМИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЯХ: (К ЮБИЛЕЮ А.В. КОНАРЕВА)

ROUNDTABLE ON BIOCHEMICAL RESEARCH: (DEDICATED TO THE ANNIVERSARY OF ALEXEY V. KONAREV)

16 января 2023 года исполнилось 75 лет Алексею Васильевичу Конареву – российскому ученому, доктору биологических наук, потомственному вировцу. Алексею Васильевичу родился в семье известного ученого-генетика, профессора, академика ВАСХНИЛ Василия Григорьевича Конарева, многие годы возглавлявшего отдел молекулярной биологии ВИР. Научная работа А. В. Конарева является достойным продолжением дела его отца, академика В. Г. Конарева, разработавшего принципы и методы сортовой идентификации и регистрации генофонда сортов культурных растений, а также их диких родичей для решения фундаментальных и практических задач прикладной ботаники, генетики и селекции.

Источник: Шеленга Т.В., Керв Ю.А., Перчук И.Н., Попов В.С., Соловьева А.Е., Хорева В.И., Хлесткина Е.К. Конарев Алексей Васильевич (к 75-летию со дня рождения) // Труды по прикладной ботанике, генетике и селекции. 2023. Т. 184, № 1. С. 249–254. DOI: 10.30901/2227-8834-2023-1-249-254



в рамках соглашения
№ 075-15-2021-1050
(от 28.09.2021)



ИСПОЛЬЗОВАНИЕ МЕТОДА SDS-ЭЛЕКТРОФОРЕЗА В СЕЛЕКЦИОННОМ ПРОЦЕССЕ, В КОНТРОЛЕ ЗА КАЧЕСТВОМ СЕМЕННОЙ ПРОДУКЦИИ, В ПОДДЕРЖАНИИ СЕМЕННЫХ КОЛЛЕКЦИЙ (БОБОВЫХ И ДРУГИХ ДВУДОЛЬНЫХ КУЛЬТУР)

Э.Э. Егги

Федеральный исследовательский центр Всероссийский институт генетических ресурсов растений имени Н.И. Вавилова, Санкт-Петербург, Россия, e-mail: e.eggi@vir.nw.ru

THE USE OF THE SDS ELECTROPHORESIS IN BREEDING, SEED QUALITY CONTROL, AND MAINTENANCE OF SEED COLLECTIONS OF LEGUMES AND OTHER DICOTYLEDONOUS CROPS

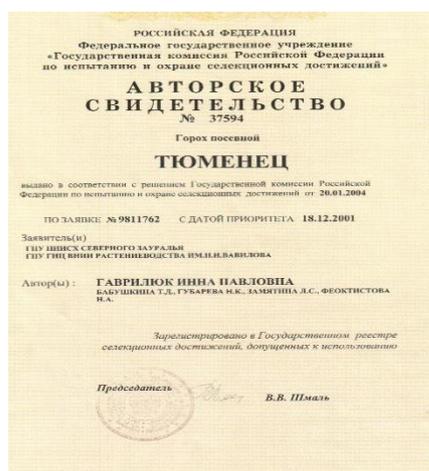
E.E. Eggi

N.I. Vavilov All-Russian Institute of Plant Genetic Resources, St. Petersburg, Russia, e-mail: e.eggi@vir.nw.ru

Немаловажную роль специалисты ВИР сыграли в разработке методов контроля качества зерна. Рассмотрим данную проблему на примере бобовых культур. Текущая работа является продолжением разработки метода «белковых маркеров» академика В.Г. Конарева (Идентификация сортов..., 2000) для сортоиспытаний, семеноводства и семенного контроля.

У двудольных культур для этих целей традиционно используется метод электрофоретического разделения белкового экстракта семян в 12-процентном полиакриламидном геле (SDS ЭФ) по Лаемли (1970). Приводим некоторые примеры такого использования лаборатории биохимии ВИР.

С помощью метода SDS ЭФ из полиморфного сорта гороха Эрби отобран однородный сорт ‘Тюменец’, успешно прошедший сортоиспытание. Сорт включен в Госреестр в 2004 году.



Электрофоретический спектр белка нового сорта гороха ‘Тюменец’.

Авторы: селекционер Т.Д. Бабушкина,
сотрудники ВИР: И.П. Гаврилюк, Н.К. Губарева

Проведена регистрация образцов люпина узколистного коллекции ВИР: местные сорта, дикие формы, селекционные сорта России, селекционные сорта Беларуси и Украины (Егги, 2013).

Семена образца, этикетированного производителем как Юбилейная 110, по заявке продавца сравнены с образцами семян 11 российских сортов *Vicia sativa* L. из коллекции ВИР. Образцы анализировались по морфологии и спектрам SDS ЭФза. Установлено, что исследуемый образец не является сортом ‘Юбилейная 110’, а представляет сложную популяцию семян *Vicia sativa*.

Для сортовой идентификации перекрестно опыляемых культур использование стандартного метода SDS-электрофореза осложнено высокой гетерогенностью спектров. Анализ зоны основных полипептидов запасного белка 11S глобулина решил эту проблему. Частота встречаемости отдельных полипептидов и их сочетаний этой зоны позволила статистически достоверно различать сорта *Galega orientalis* Lam. (Егги, 2016).

Метод SDS ЭФ успешно использовался в течение нескольких лет сотрудниками ООО «АминоКорм» при разработке способов дезагрегации запасных глобулинов сои, проявляющих антипитательные свойства в животных и птичьих кормах.

По просьбе ФГБНУ «Федеральный научный центр лубяных культур» методом SDS ЭФ проведен анализ образцов местных сборов Псковской области на соответствие сорту клевера лугового 'Псковский местный двуукосный' из коллекции ВИР, с целью возвращения этого высокоурожайного сорта в сельскохозяйственное производство Северо-Западного региона РФ (Мазин, Егги, 2021).

Методом SDS ЭФ зарегистрированы полипептидные спектры семян, районированных в разное время сортов вики посевной. Результаты анализа коллекций (вики, люпина) фиксировались в табличном варианте. В настоящее время выявлены все встретившиеся варианты отдельных зон полипептидных спектров вики посевной и 47 сортов коллекции зарегистрированы в виде буквенно-цифровой записи. Подготовлен каталог ВИР этой культуры.

Метод SDS ЭФ имеет широкий спектр применения для решения различных задач сельскохозяйственного производства. В лаборатории биохимии ВИР исследовались образцы бобовых, крестоцветных, тыквенных, астровых, амарантовых, амариллисовых, конопляных, льновых, а также злаков.

Список литературы

Егги Э.Э. Идентификация сортов козлятника восточного (*Galega orientalis* Lam.) с использованием электрофореза 11S глобулина семян / под редакцией И.П. Гаврилюк. Санкт-Петербург : ВИР, 2016. 23 с.

Егги Э.Э. Идентификация сортов люпина узколистного (*Lupinus angustifolius* L.) с использованием электрофоретического спектра полипептидов белков семян : методические указания / под редакцией И.П. Гаврилюк. Санкт-Петербург : ВИР, 2013. 26 с.

Идентификация сортов и регистрация генофонда культурных растений по белкам семян / [В.Г. Конарев, И.П. Гаврилюк, Н.К. Губарева, Н.В. Алпатьева, А.Г. Хакимова, Т.И. Пенева, А.В. Конарев, А.В. Конарев, О.И. Введенская, И.Н. Перчук, В.В. Сидорова, Д.И. Иванова, А.М. Тарлаковская, Э.Э. Егги, И.Н. Анисимова, Л.А. Лесневич, С.П. Фарбер, Н.В. Кудрякова, П.П. Демкин, М.И. Литовченко] ; РАСХН, Государственный научный центр Российской Федерации Всероссийский научно-исследовательский институт растениеводства имени Н.И. Вавилова ; под редакцией В.Г. Конарева. Санкт-Петербург, 2000. 186 с.

Мазин А.М., Егги Э.Э. Сравнительная оценка сортообразцов клевера лугового с оригиналом сорта Псковский местный двуукосный // Кормопроизводство. 2021. № 6. С. 16–21. DOI: 10.25685/KRM.2021.35.75.001

ОСНОВНЫЕ ПРИНЦИПЫ ОРГАНИЗАЦИИ БИОХИМИЧЕСКИХ И МОЛЕКУЛЯРНО-БИОЛОГИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЙ ГЕНЕТИЧЕСКОГО РАЗНООБРАЗИЯ КУЛЬТУРНЫХ РАСТЕНИЙ В ВИР

А.В. Конарев, В.И. Хорева

Федеральный исследовательский центр Всероссийский институт генетических ресурсов растений имени Н.И. Вавилова, Санкт-Петербург, Россия, e-mail: a.konarev@vir.nw.ru

BASIC PRINCIPLES OF ORGANIZATION OF BIOCHEMICAL AND MOLECULAR BIOLOGICAL STUDIES OF CULTIVATED PLANTS GENETIC DIVERSITY IN VIR

A.V. Konarev, V.I. Khoreva

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

Коллекция мирового разнообразия культурных растений – материальная основа для формирования эффективной оригинальной методологии изучения генетических ресурсов культурных растений, и как следствие, требует оригинальной структуры самого института.

Основа биохимия культурных растений как отдельного научного направления в ВИР была заложена Н.Н. Ивановым при активном участии Н.И. Вавилова. С первых дней особое внимание уделялось целям, задачам и организации исследований растительного материала. Приоритетными считались результаты, повышающие эффективность использования растительных ресурсов на практике. Н.И. Вавилов и Н.Н. Иванов выстроили такую структуру/схему изучения растительного разнообразия, которая обеспечила выход на стандартные методы анализа.



Рисунок. Биохимики ВИР – сотрудники Пушкинских Лабораторий

До создания коллекции ВИР исследователи брали случайный набор образцов, что вызывало несравнимость результатов. Биохимическое изучение в ВИР проходит в тесном взаимодействии с кураторами коллекций отделов генетических ресурсов растений, благодаря которым в исследование поступает материал, включающий все основные генетические группы вида, культуры.

Большое значение имели публикации биохимиков ВИР. Так, издание «Методы биохимического исследования растений» (1972; 1987) и 8 томов издания «Биохимия культурных растений» (1936–1948) академик В.А. Энгельгардт назвал научным подвигом. Высокая оценка знаменитого ученого получила подтверждение в 1990-е годы, когда были подняты проблемы здорового питания, в частности, его биохимические аспекты. Массовая

оценка является основой для создания стандартных методов, применяемых контрольными органами, включая государственную инспекцию.

Так, методические подходы, разработанные по заданию правительства И.Е. Княгиничевым и Н.Р. Ивановым использовались в структурах контрольных лабораторий СССР. Помимо массовой оценки и разработки стандартных методов, третьим основным направлением биохимии Н.И. Вавилов и Н.Н. Иванов считали функциональную биохимию, которая имеет возможность выявить природу и организацию селекционно важных признаков (Конарев и др., 1993; Конарев, 1994; Конарев, Хорева, 2000). По-настоящему обратиться к этому актуальному направлению удалось биохимикам ВИР только в последние 10–12 лет.

Список литературы

Биохимия культурных растений. Т. 1–8 / под общей редакцией Н.Н. Иванова ; НКЗ СССР, ВАСХНИЛ, Всесоюзный институт растениеводства. Москва ; Ленинград : Сельхозгиз, 1936–1948.

Конарев А.В. Всероссийский НИИ растениеводства и его вклад в развитие сельскохозяйственной науки и селекции страны // Сельскохозяйственная биология. 1994. Т. 29, № 3. С. 13–75.

Конарев А.В., Хорева В.И. Биохимические исследования генетических ресурсов растений в ВИРе. Санкт-Петербург: ВИР, 2000. С. 4–39.

Конарев В.Г., Гаврилюк И.П., Губарева Н.К., Пенева Т.И., Чмелева З.В., Конарев А.В., Ахметов Р.Р., Гилязетдинов Ш.Я., Сидорова В.В., Анисимова И.Н., Егги Э.Э., Введенская И.О., Хакимова А.Г., Кудрякова Н.В. Молекулярно-биологические аспекты прикладной ботаники, генетики и селекции / под редакцией В.Г. Конарева. Москва : Колос, 1993. 447 с. (Теоретические основы селекции ; т. 1).

Методы биохимического исследования растений / [М.И. Смирнова-Иконникова, А.И. Ермаков, В.В. Арасимович] ; под редакцией А.И. Ермакова. 2-е изд., перераб. и доп. Ленинград : Колос, [Ленинградское отделение], 1972. 456 с.

Методы биохимического исследования растений / [А.И. Ермаков, В.В. Арасимович, Н.П. Ярош и др.] ; под редакцией А.И. Ермакова. 3-е изд., перераб. и доп. Ленинград : Агропромиздат, Ленинградское отделение, 1987. 429 с.

**МЕТОД ГАЗОВОЙ ХРОМАТОГРАФИИ С МАСС-СПЕКТРОМЕТРИЕЙ (GC-MS)
В ИЗУЧЕНИИ ПИТАТЕЛЬНОЙ ЦЕННОСТИ ПРЕДСТАВИТЕЛЕЙ
РОДА *VIGNA SAVI***

И.Н. Перчук

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

**GAS CHROMATOGRAPHY WITH MASS SPECTROMETRY (GC-MS)
IN THE STUDY OF THE NUTRITIONAL VALUE OF REPRESENTATIVES
OF THE GENUS *VIGNA SAVI***

I.N. Perchuk

N.I. Vavilov All-Russian Institute of Plant Genetic Resources, St. Petersburg, Russian,
e-mail: i.perchuk@vir.nw.ru

Вопросы здоровья человека и его взаимосвязь с продуктами питания остаются всегда актуальными. Как продукт питания растения являются одним из источников основных необходимых для нормальной жизнедеятельности человека соединений, а также средством профилактики различных заболеваний. Вигна – *Vigna unguiculata* (L.) Walp., cultivar group *sesquipedalis* – ценная овощная культура, издавна возделываемая в Юго-Восточной Азии. В России вигну успешно выращивают в южных районах страны – Приморском и Краснодарском краях, Астраханской области и др. Молодые листочки, сочные незрелые бобы и сухие семена этой культуры употребляют как продукты здорового, диетического и лечебного питания. Среди проростков бобовых проростки маша – *Vigna radiate* (L.) Wilczek – являются одним из наиболее распространенных и наиболее потребляемых продуктов питания в мире благодаря лечебным свойствам, легкой усвояемости и питательности. Один из современных методов анализа – газовая хроматография, совмещенная с масс-спектрометрией (ГХ-МС) позволяет за короткий период времени получить значительный объем информации о составе метаболитов отдельных частей растения. С использованием данного метода в отделе биохимии проведен анализ состава метаболитов семян и незрелых бобов вигны. В их метаболомных профилях в целом идентифицировано около 120 соединений, которые находятся в семенах и бобах в свободном виде. Выявлены особенности метаболомного состава бобов и семян, при этом содержание большинства групп соединений (аминокислот, спиртов, сахаров, органических кислот, фенольных соединений и др.) выше в бобах, чем в семенах.

При проращивании семян важную роль играет свет. Метод ГХ-МС был использован для оценки особенностей состава метаболитов в листьях проростков маша, выращенных в темноте и на свету. В метаболомных профилях проростков идентифицировано более 100 соединений. В обеих группах проростков по содержанию доминируют спирты, аминокислоты и сахара, но каждая группа имеет свои особенности в составе метаболитов.

Полученная информация о значительном наборе соединений, в том числе биологически активных, в различных частях растений вигны и маша может способствовать наиболее рациональному их использованию в различных диетах.

СОВРЕМЕННЫЕ АСПЕКТЫ БИОХИМИЧЕСКОГО ИЗУЧЕНИЯ КОЛЛЕКЦИЙ ПЛОДОВО-ЯГОДНЫХ И ЗЕРНОВЫХ КУЛЬТУР ВИР

В.С. Попов, А.Е. Смоленская

Федеральный исследовательский центр Всероссийский институт генетических ресурсов растений имени Н.И. Вавилова, Санкт-Петербург, Россия, e-mail: v.popov@vir.nw.ru

MODERN ASPECTS OF BIOCHEMICAL STUDIES OF VIR COLLECTIONS OF FRUIT, BERRY, AND GRAIN CROPS

V.S. Popov, A.E. Smolenskaya

N.I. Vavilov All-Russian Institute of Plant Genetic Resources, St. Petersburg, Russia, e-mail: v.popov@vir.nw.ru

При изучении химического состава плодово-ягодных и зерновых культур в отделе биохимии и молекулярной биологии ВИР применяются, разрабатываются и внедряются различные современные биохимические методы исследования. На принципах избирательной способности различных веществ поглощать, излучать, отражать, рассеивать или преломлять различного рода излучения внедрены в практику спектрометрические методы анализа: измерение активности пероксидазы в образцах коры яблони осуществляли с помощью 1-процентного раствора пирогаллола (Новиков, Таразанова, 2012); в листьях земляники проводили определение аминокислоты пролина с нингидриновым реактивом (Шихалева и др., 2014); анализ суммы биофлавоноидов (в пересчете на рутин) определяли в листьях пионов. В различных растительных объектах проводится детерминация суммы фенольных соединений по методу Фолина и Чокальтеу в модификации Синглетона и Росси и антиоксидантной активности с использованием свободного радикала 2,2-дифенил-1-пикрилгидразила (DPPH) (Поздняков, Василенко, 2017). Внедрены также методы ближней инфракрасной спектроскопии (БИК), позволяющие проводить массовые скрининговые анализы с возможностью после сканирования образца получать результаты сразу по нескольким показателям (белок, масло, крахмал, β -глюканы, амилоза, клетчатка, влажность и др.) с заданной повторяемостью и стандартным отклонением. ИК-спектроскопия относится к экспресс-методам, значительно сокращает время и упрощает анализ, не требует предварительной подготовки образцов и не разрушает их. Однако требуется построение и постоянное дополнение калибровочных моделей для различных микро- и макропоказателей исследуемых культур, выращенных в различных почвенно-климатических условиях (Khoreva et al., 2022) (рис. 1).

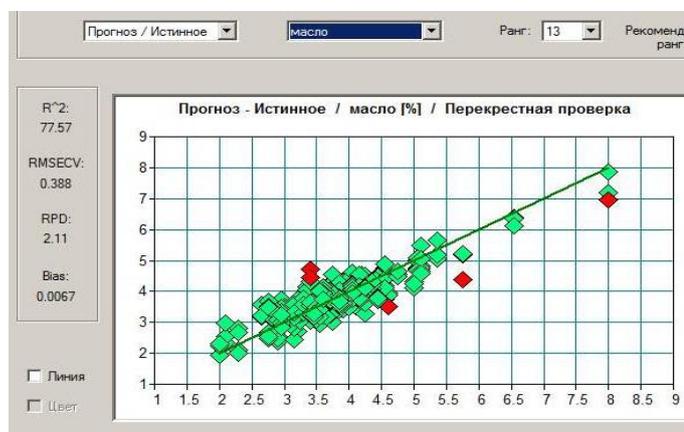


Рис. 1. График предсказанных значений содержания масла в зерне кукурузы по сравнению с истинными значениями

За практику 2022–2023 года были внедрены новые и усовершенствованы некоторые классические методы количественного и качественного анализа. Для голозерных и пленчатых сортов овса на основе модифицированного щелочного метода разработан гравиметрический метод количественного определения β -глюканов (Попов и др., 2021) (рис. 2).

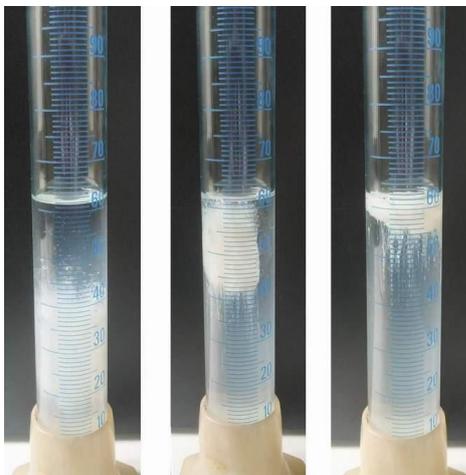


Рис. 2. Всплывающие волокна β -глюканов овса в растворе этанола

Определение свободной воды возможно при использовании сушильного шкафа, а для связанной воды в растительных объектах применяют метод рефрактометрии, используя гипертонический сахарный раствор. В результате плазмолиза растительные ткани теряют свободную воду. По разнице между общей влажностью и свободной определяют связанную воду в листьях земляники, повышенное содержание которой указывает на морозостойкость сортов (Ожерельева и др., 2019). Для сильно окрашенных плодов и ягод (слива, черная смородина, черемуха и др.) разработан простой, надежный и доступный метод определения витамина С, основанный на титриметрическом методе с визуальным титрованием 2,6-дихлорфенолиндофенолом с предварительной сорбцией белой глиной антоциановых пигментов, мешающих проведению анализа (Попов, Смятская, 2020).

Список литературы

Новиков Н.Н., Таразанова Т.В. Лабораторный практикум по биохимии растений : [учебное пособие по направлению 110100.62 "Агрохимия и агропочвоведение"]. Москва : РГАУ-МСХА им. К.А. Тимирязева, 2012. 96 с.

Ожерельева З.Е., Прудников П.С., Зубкова М.И., Кривушина Д.А., Князев С.Д. Определение морозостойкости земляники садовой в контролируемых условиях : методические рекомендации. Орел : ВНИИСПК, 2019. 25 с.

Поздняков В.В., Василенко А.О. Использование тест-систем для оценки общей антиоксидантной активности семян // Селекция і насінництво. 2017. Вып. 112. С. 153–163.

Попов В.С., Перчук И.Н., Хорева В.И. Гравиметрический метод количественного определения растворимых β -глюканов в зерне овса // Биотехнология и селекция растений. 2021. Т. 4, № 1. С. 5–12. DOI: 10.30901/2658-6266-2021-1-01

Попов В.С., Смятская Ю.А. Модифицированный титриметрический метод количественного определения витамина С в окрашенных растительных экстрактах // Вестник Пермского национального исследовательского политехнического университета. Химическая технология и биотехнология. 2020. № 4. С. 43–53. DOI: 10.15593/2224-9400/2020.4.04

Шихалеева Г.Н., Будняк А.К., Шихалеев И.И., Иващенко О.Л. Модифицированная методика определения пролина в растительных объектах // Вісник Харківського

національного університету імені В. Н. Каразіна. Серія: Біологія. 2014. Вип. 21, № 1112. С. 168–172.

Khoreva V.I., Popov V.S., Kon'kova N.G. Application of the IR spectrometry method in the screening study of various oat species // Ecological genetics. 2022. Т. 20, № 4. С. 349–357. DOI: 10.17816/ecogen108503

СОВРЕМЕННЫЕ АСПЕКТЫ БИОХИМИЧЕСКОГО ИЗУЧЕНИЯ КОЛЛЕКЦИЙ ОВОЩНЫХ КУЛЬТУР И КАРТОФЕЛЯ ВИР

А.Е. Соловьева, Е.В. Рогозина, А.М. Артемьева

Федеральный исследовательский центр Всероссийский институт генетических ресурсов растений имени Н.И. Вавилова, Санкт-Петербург, Россия, e-mail: a.solovyeva@vir.nw.ru

MODERN ASPECTS OF BIOCHEMICAL STUDIES OF VIR COLLECTIONS OF VEGETABLE CROPS AND POTATO

A.E. Solovyova, E.V. Rogozina, A.M. Artemyeva

N.I. Vavilov All-Russian Institute of Plant Genetic Resources, St. Petersburg, Russia, e-mail: a.solovyeva@vir.nw.ru

Биохимические исследования коллекций овощных культур включают в себя изучение генетического разнообразия – биоресурсных коллекций овощных, бахчевых культур и клубнеплодов. Раскрытие биохимического потенциала растений – это поиск химических соединений, играющих главную роль в жизнеобеспечении человечества – питания и защите от стрессовых условий среды.

Основные направления селекции овощных культур:

- продуктивность;
- скороспелость (период вегетации);
- адаптивность;
- устойчивость к биотическим стрессорам – создание форм, генетически устойчивых к болезням и вредителям;
- устойчивость к абиотическим стрессорам, в том числе в связи с формированием конвейерного поступления продукции;
- накопление питательных и антипитательных веществ и создание форм с высоким содержанием ценных биохимических соединений, в том числе для использования в пищевых, медицинских целях и для биофумигации.

Последнее направление имеет отношение к работе группы биохимии овощных культур (Рекомендуемые уровни..., 2004; Соловьева, Артемьева, 2012; Курина и др., 2021; Рогозина и др., 2022).

Основной нашей задачей является биохимическое изучение мировой коллекции овощных культур для создания генетического фонда биохимических признаков селекции на качество. Данная работа ведется совместно с отделами генетических ресурсов овощных и бахчевых культур и картофеля.

Главные направления работы: изучение потенциальных возможностей улучшения состава питательных и биологически активных веществ; выявление генетических источников с повышенным содержанием и улучшенным составом питательных и биологически активных веществ; выявление закономерностей изменчивости содержания и качества химических соединений под влиянием условий выращивания, а также в процессе роста, созревания и хранения; разработка и совершенствование методов биохимического анализа растений.

Большое внимание уделялось и уделяется внедрению новых методов, в частности, методы газожидкостной хроматографии для определения состава эфирных масел. Освоение и применение для овощных культур методов газовой хроматографии с масс-спектрометрией, позволило одновременно вести оценку биоразнообразия по составу и содержанию большого числа метаболитов.

Так как наиболее актуальной проблемой остается обеспечение полноценными, физиологически сбалансированными продуктами питания, то для характеристики овощных культур был освоен метод определения суммы фенольных соединений, суммы

флавоноидов и метод оценки антиоксидантной активности, так как эти показатели могут рассматриваться как аспекты качества пищевых продуктов для функционального питания.

Интерес к пигментному составу в плодах, листьях и клубнях овощных культур и картофеля способствовал переходу на расширенное спектрофотометрическое изучение этих компонентов: к хлорофиллам и каротиноидам были добавлены лютеин, виолксантин, ксантофилл, антоциан, бетацианин, бетаксантин.

Освоена методика разделения и определения компонентного состава антоцианов и бетацианинов с помощью хроматографии высокого давления (рисунок).

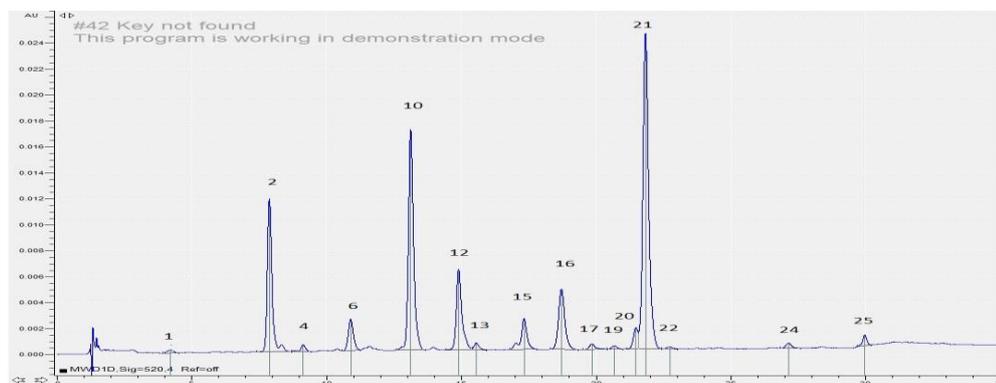


Рисунок. ВЭЖХ хроматограмма основных антоцианов экстрактов клубней топинамбура фиолетовой и красной окраски при 520 нм

Таким образом, одновременное исследование культур многими биохимическими методами показало, что они имеют сложный многокомпонентный состав веществ, в том числе с высокой питательной ценностью и биологической активностью.

В изученных культурах показан широкий потенциал изменчивости компонентного состава питательных и биологически активных соединений, что делает возможным различные направления использования данных растений.

Исследования подтверждают необходимость углубленного контроля биохимического состава растений при выведении новых сортов.

Найденные сортообразцы с повышенной ценностью компонентного состава для сбалансированного питания человека предлагаются для использования в селекции на качество продукции, в том числе для медицинских целей, и расширения сортимента овощей и клубнеплодов.

Список литературы

Курина А.Б., Соловьева А.Е., Храпалова И.А., Артемьева А.М. Биохимический состав плодов томата различной окраски // Вавиловский журнал генетики и селекции. 2021. Т. 25, № 5. С. 514-527. DOI: 10.18699/VJ21.058

Рекомендуемые уровни потребления пищевых и биологически активных веществ : Методические рекомендации МР 2.3.1.1915-04 / (утв. Федеральной службой по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека 2 июля 2004 г.). Москва, 2004. URL: <https://ohranatruda.ru/upload/iblock/5e9/4293846547.pdf?ysclid=loujvbcub6533741271> (дата обращения 11.04.2023).

Рогозина Е.В., Соловьева А.Е., Горлова Л.М. Содержание антиоксидантов в клубнях сортов картофеля из коллекции ВИР // Генофонд и селекция растений : сборник материалов 6-й Международной конференции «Генофонд и селекция растений, Новосибирск, 23–25 ноября 2022 г. Новосибирск : ИЦиГ СО РАН, 2022. С. 156–160.

Соловьева А.Е., Артемьева А.М. Биохимические исследования коллекции капусты: традиции и перспективы // Труды по прикладной ботанике, генетике и селекции. 2012. Т. 169. С. 137–146.

ВКЛАД ОТДЕЛА БИОХИМИИ И МОЛЕКУЛЯРНОЙ БИОЛОГИИ В НАУЧНЫЙ ПОТЕНЦИАЛ ВИР. ЗНАЧЕНИЕ МЕТОДОВ СКРИНИНГА В ИЗУЧЕНИИ КОЛЛЕКЦИЙ

Т.В. Шеленга, В.С. Попов, Ю.А. Керв, В.И. Хорева, И.Н. Перчук, А.Е. Соловьёва
Федеральный исследовательский центр Всероссийский институт генетических ресурсов растений имени Н.И. Вавилова, Санкт-Петербург, Россия, e-mail: t.shelenga@vir.nw.ru

THE CONTRIBUTION OF THE DEPARTMENT OF BIOCHEMISTRY AND MOLECULAR BIOLOGY TO THE SCIENTIFIC POTENTIAL OF VIR. THE IMPORTANCE OF SCREENING METHODS IN STUDIES OF COLLECTIONS

T.V. Shelenga, V.S. Popov, Yu.A. Kerv, V.I. Khoreva, I.N. Perchuk, A.E. Solovyova
N.I. Vavilov All-Russian Institute of Plant Genetic Resources, St. Petersburg, Russia,
e-mail: t.shelenga@vir.nw.ru

Сотрудники биохимии и молекулярной биологии наряду с другими подразделениями со времени организации отдела и по настоящее время вносят свой вклад в развитие научного потенциала Всероссийского института генетических ресурсов растений имени Н.И. Вавилова (ВИР). Имена А.И. Ермакова, В.Г. Конарева, И.П. Гаврилюк, Н.К. Губаревой, П.П. Стрельченко, Г.Б. Самородовой-Бианки, Н.П. Ярош вписаны в летопись истории института (Шеленга и др., 2023).

В отделе для изучения каждой из групп растительных ресурсов существовала своя команда специалистов биохимиков. Разработанные методы всестороннего изучения растительных объектов из коллекции ВИР, в том числе скрининговые, создают более широкие возможности для отбора наиболее перспективных образцов с целью создания новых сортов различных направлений хозяйственного использования: пищевого, технического, медицинского, экологического и других разработках (Рекомендации по использованию..., 1989; Конарев и др., 1993; Конарев, 1994; Gavrilova et al., 2020; Shelenga et al., 2021; Solovyeva et al., 2021; Grigorev et al., 2022). Большую роль в развитии методов для оценки большого объема изучаемого материала, а это основная задача при работе с коллекцией, играет БИК-спектроскопия. Этот метод дает возможность не только за короткое время проанализировать образцы по основным биохимическим параметрам, но и сохранить селекционно ценный материал.

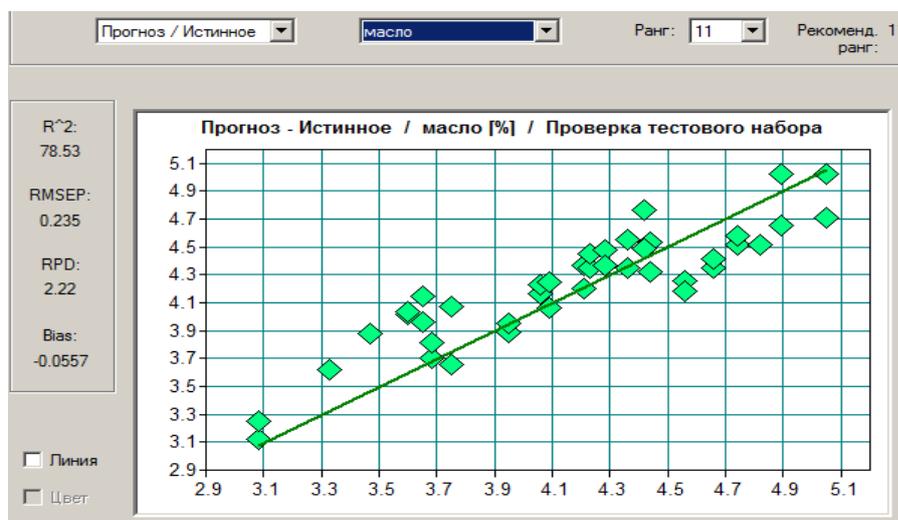


Рисунок. Калибровочная модель для определения содержания масла в семенах люпина узколистного из коллекции ВИР

Результаты совместной работы сотрудников ресурсных и методических отделов, в том числе и отдела биохимии и молекулярной биологии, отражены во многочисленных статьях, патентах, каталогах и технологических разработках (Рекомендации по использованию..., 1989; Конарев и др., 1993; Конарев, 1994; GavriloVA et al., 2020; Shelenga et al., 2021; Solovyeva et al., 2021; Grigorev et al., 2022).

С 1988 года и по настоящее время отделом биохимии и молекулярной биологии руководит доктор биологических наук А.В. Конарев (Шеленга и др., 2023) юбилей которого недавно отмечался. Во вверенном Алексею Васильевичу подразделении царит творческая атмосфера. Под его руководством защитилось большое количество аспирантов, среди них есть те, кто с успехом работает в зарубежных и российских научных институтах, и, конечно же, его ученики продолжают свою профессиональную деятельность в ВИР. В отделе существует крепкий костяк сотрудников, работающих в институте более чем 10 лет. Недавно пришедшие в коллектив молодые кадры дают надежду на достойное продолжение работы в области изучения растительных ресурсов.

Последние исследования показали, что структура питания у современного человека претерпела изменения. В результате снизилось потребление микронутриентов и биологически активных компонентов. Изучение коллекционного материала ВИР дает возможность выявления образцов из числа основных сельскохозяйственных культур наиболее богатых необходимыми для человека пищевыми компонентами. Это позволит увеличить разнообразие и доступность для широких слоев населения продуктов полноценного питания.

Список литературы

Конарев А.В. Всероссийский НИИ растениеводства им. Н. И. Вавилова и его вклад в развитие сельскохозяйственной науки и селекции страны // Сельскохозяйственная биология. 1994. Т. 29, № 3. С. 3–31.

Конарев В.Г., Гаврилюк И.П., Губарева Н.К., Пенева Т.И., Чмелева З.В., Конарев А.В., Ахметов Р.Р., Гилязетдинов Ш.Я., Сидорова В.В., Анисимова И.Н., Егги Э.Э., Введенская И.О., Хакимова А.Г., Кудрякова Н.В. Молекулярно-биологические аспекты прикладной ботаники, генетики и селекции / под редакцией В.Г. Конарева. Москва : Колос, 1993. 447 с. (Теоретические основы селекции ; т. 1).

Рекомендации по использованию белковых маркеров в сортоиспытании, семеноводстве и семенном контроле / составители: И.П. Гаврилюк, М.А. Федин, Н.К. Губарева, П.П. Демкин, Т.А. Микшун, Т.И. Пенева, А.В. Конарев, В.В. Сидорова, Э.Э. Егги, И.Н. Анисимова, А.М. Тарлаковская ; под научной редакцией В.Г. Конарева ; ВАСХНИЛ, Всесоюзный научно-исследовательский институт растениеводства им. Н.И. Вавилова. Москва ; Ленинград : ВИР, 1989. 22 с.

Шеленга Т.В., Керв Ю.А., Перчук И.Н., Попов В.С. Соловьева А.Е., Хорева В.И., Хлесткина Е.К. Конарев Алексей Васильевич (к 75-летию со дня рождения) // Труды по прикладной ботанике, генетике и селекции. 2023. Т. 184, вып. 1. С. 249–254. DOI: 10.30901/2227-8834-2023-1-249-254

GavriloVA V., Shelenga T., PorokhovinoVA E., Dubovskaya A., Kon'kova N., Grigoryev S., Podolnaya L., Konarev A., YakusheVA T., Kishlyan N., Pavlov A., Brutch N. The diversity of fatty acid composition in traditional and rare oil crops cultivated in Russia // Biological Communications. 2020. Vol. 65, No 1. P. 68–81. DOI: 10.21638/spbu03.2020.106

Grigoriev S.V., IllarionoVA K.V., Konarev A.V., Shelenga T.V. Differences in Metabolites of White and Naturally Colored Cotton: Implications for Biofunctional and Aseptic Textiles // Journal of Natural Fibers. 2022. Т. 19, № 13. С. 7060–7072. DOI: 10.1080/15440478.2021.1941490

Shelenga T.V., Kerv Y.A., Perchuk I.N., Solovyeva A.E., Khlestkina E.K., Loskutov I.G., Konarev A.V. The Potential of Small Grains Crops in Enhancing Biofortification Breeding

Strategies for Human Health Benefit // Agronomy. 2021. T. 11, № 7. C. 1420.
DOI: 10.3390/agronomy11071420
Solovyeva A.E., Shelenga T.V., Konarev A.V., Kurina A.B., Kornukhin D.L.,
Fateev D.A., Artemyeva A.M. Nutritional and biologically active compounds in Russian (VIR)
Brassicaceae vegetable crops collection // Turkish Journal of Agriculture and Forestry. 2021.
T. 45, № 5. C. 541–556. DOI: 10.3906/TAR-2010-95



СЕКЦИЯ 3. ПРИКЛАДНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ГЕНЕТИЧЕСКИХ РЕСУРСОВ РАСТЕНИЙ

SECTION 3. APPLIED RESEARCH ON PLANT GENETIC RESOURCES

в рамках соглашения
№ 075-15-2021-1050
(от 28.09.2021)



ГЕНЕТИЧЕСКИЕ, БОТАНИЧЕСКИЕ, ГЕОГРАФИЧЕСКИЕ, ФИЗИОЛОГИЧЕСКИЕ, БИОХИМИЧЕСКИЕ И АГРОТЕХНИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ СЕЛЕКЦИИ КАРТОФЕЛЯ

А.Д. Андрианов¹, Д.А. Андрианов²

¹Самозанятый, Уфа, Россия, e-mail: a.d.andrianov@mail.ru

²Башкирский государственный аграрный университет, Уфа, Россия

GENETIC, BOTANICAL, GEOGRAPHICAL, PHYSIOLOGICAL, BIOCHEMICAL AND AGRONOMIC FUNDAMENTALS OF POTATO BREEDING

A.D. Andrianov¹, D.A. Andrianov²

¹Self-employed, Ufa, Russia, e-mail: a.d.andrianov@mail.ru

²Bashkir State Agrarian University, Ufa, Russia

В наших многолетних (1960–2019 гг.) исследованиях определены требования к селекции сортов картофеля (Андрианов А., Андрианов Д., 2018а; Андрианов Д., Андрианов А., 2018а) для почвенно-климатических условий Республики Башкортостан. На основе теории стадийного развития, требований растений к биотическим и абиотическим условиям среды, потребностям производства, технологии отбора форм генотипов, нашей технологии скрещивания и получения вызревших ягод в поле (Андрианов А., Андрианов Д., 2018а; Андрианов Д., Андрианов А., 2018б; Костина, 1989; Костина, Косарева, 2019) нами были выведены следующие сорта культуры, включенные в Госреестр РФ.

Сорт ‘Алексеевский’ (Андрианов Д., Андрианов А., 2017). Происхождение: Находка × Аврора. Назначение – столовый, пригоден для переработки на картофелепродукты и крахмал. Сорт среднеспелый, экологически пластичен. Дает стабильно высокую урожайность клубней с высокой товарностью. Клубни имеют высокое содержание сухих веществ и низкое содержание редуцирующих сахаров. Клубневое гнездо компактное, неглубокое. Сорт устойчив к механическим повреждениям и пригоден к механизированной уборке. Обладает хорошей лежкостью клубней в период хранения и пригоден к переработке на картофелепродукты и крахмал, на корм животным. Сорт имеет комплексную устойчивость к вирусам. Отличается быстрым отрастанием листьев после поедания колорадским жуком. Жаро- и засухоустойчив. Устойчив к возбудителям рака картофеля и золотистой картофельной цистообразующей нематоды. Устойчив к фитофторе. Относительно устойчив к колорадскому жуку. Сорт характеризуется высокой отзывчивостью на внесение повышенных доз органических и минеральных удобрений. Имеет ранний и продолжительный период клубнеобразования.

Сорт ‘Елена’ (Андрианов А., Андрианов Д., 2018б). Происхождение: Белоусовский × гибрид 09-05-95ДАА [Тимо Ханккян (Fruhnudel × Katahdin) × Бимонда (Rubinia × Gloria)]. Назначение – столовый, пригоден для переработки на картофелепродукты и крахмал. Сорт среднеранний, экологически пластичен. Устойчив к механическим повреждениям, отличается высокой и стабильной урожайностью и товарностью клубней, хорошей лежкостью клубней в период хранения, полевой устойчивостью к вирусам. Глазки пробуждаются одновременно. Сорт формирует урожай клубней во второй половине июля и в начале августа. Клубни имеют высокое содержание крахмала и сухих веществ, низкое содержание редуцирующих сахаров, среднее содержание сырого белка, высокое содержание аскорбиновой кислоты. Клубневое гнездо компактное, поверхностное. Пригоден для переработки на гранулы, чипсы и крахмал. Хорошие вкусовые качества. Жаро- и засухоустойчивый. Пригоден для двухурожайной культуры. Устойчив к картофельной нематоды и к возбудителю рака картофеля. Относительно

устойчив к колорадскому жуку и к фитофторозу картофеля. Кроме товарных хозяйств подходит для садово-огородных участков, приусадебных и мелких фермерских хозяйств.

Сорт 'Бирский' (Андрианов Д., Андрианов А., 2018а). Происхождение: гибрид 20.09.92ДАА (Невский × Оредежеский) × гибрид 03.06.93ДАА (Пушкинец × Камераз). Назначение – технический и кормовой. Сорт среднеспелый, экологически пластичен. Клубни имеют очень высокое содержание крахмала и сухого вещества, низкое содержание редуцирующих сахаров, среднее содержание сырого белка (2,0–2,2%), среднее и высокое содержание аскорбиновой кислоты (15–20 мг на 100 г сырого вещества). Клубневое гнездо компактное, поверхностное. Клубни устойчивы к механическим повреждениям и пригодны к механизированной уборке. Обладает хорошей лежкостью в период хранения и пригоден к технической переработке и на кормовые цели. Сорт имеет комплексную устойчивость к вирусам. Устойчив к возбудителю рака картофеля. Относительно устойчив к фитофторозу и к колорадскому жуку. Устойчив к засухе, к пониженной и повышенной температурам воздуха.

Сорт 'Эрвел'. Происхождение: Жигулёвский × Белорусский ранний с последующим индивидуальным отбором. Назначение – столовый, пригоден для переработки на картофелепродукты и крахмал. Сорт среднеспелый. Сорт из-за высокой доли абсолютной сухой массы корневой системы (до 5,2%) обладает жаро- и засухоустойчивостью. Клубни имеют высокое содержание крахмала и низкое содержание редуцирующих сахаров. Клубневое гнездо компактное неглубокое. Отличные потребительские свойства. Продолжительный период покоя, отличная и хорошая лежкость. Малочувствителен к образованию темных пятен от ударов и механическим повреждениям. Устойчив к возбудителям рака картофеля, относительно устойчив к морщинистой мозаике, плосчатой мозаике и скручиванию листьев. Устойчив к фитофторе. Устойчив к пониженной и повышенной температурам воздуха, хорошо переносит кратковременные переувлажнения. Относительно устойчив к колорадскому жуку.

Список литературы

Андрианов А.Д., Андрианов Д.А. Направления селекции картофеля в Республике Башкортостан // Картофелеводство : сборник научных трудов / РУП «Научно-практический центр НАН Беларуси по картофелеводству и плодоовощеводству» ; главный редактор С.А. Турко. Минск, 2018а. Т. 26. С. 6–21.

Андрианов А.Д., Андрианов Д.А. Новый сорт картофеля Елена // Картофелеводство : материалы научно-практической конференции «Современное состояние и перспективы развития селекции и семеноводства картофеля», Москва, 09–10 июля 2018 года / под редакцией С.В. Жеворы. Москва : ППП "Типография "Наука", 2018б. С. 109–119.

Андрианов Д.А., Андрианов А.Д. Новый сорт картофеля Алексеевский // Картофелеводство : материалы международной научно-практической конференции «Инновационные технологии селекции и семеноводства картофеля», Москва, 29–30 июня 2017 года / под редакцией С.В. Жеворы. Москва : Всероссийский научно-исследовательский институт картофельного хозяйства имени А.Г. Лорха, 2017. С. 191–201.

Андрианов Д.А., Андрианов А.Д. Новый сорт картофеля Бирский // Картофелеводство : материалы научно-практической конференции «Современное состояние и перспективы развития селекции и семеноводства картофеля», Москва, 09–10 июля 2018 года / под редакцией С.В. Жеворы. Москва : ППП "Типография "Наука", 2018а. С. 120–129.

Андрианов Д.А., Андрианов А.Д. Селекция картофеля в Республике Башкортостан // Вестник Башкирского государственного аграрного университета. 2018б. № 1 (45). С. 16–22. DOI: 10.31563/1684-7628-2018-45-1-16-22

Костина Л.И. Классификация и генеалогия *Solanum tuberosum* L. : автореферат диссертации на соискание ученой степени доктора биологических наук : 03.00.05 :

«Биология» ; 06.01.05 : «Селекция и семеноводство» / Костина Людмила Ильинична ; ВАСХНИЛ, Всесоюзный научно-исследовательский институт растениеводства им. Н.И. Вавилова ; [ведущее учреждение: Белорусская сельскохозяйственная академия]. Ленинград : ВИР, 1989. 29 с.

Костина Л.И., Косарева О.С. Скрининг коллекции селекционных сортов картофеля ВИР для приоритетных направлений селекции // 125 лет прикладной ботаники в России : сборник тезисов, Санкт-Петербург, 25–28 ноября 2019 г. Санкт-Петербург : ВИР, 2019. С. 230.

ИНДУКЦИЯ КАЛЛУСОГЕНЕЗА ЛЬВИНОГО ЗЕВА КОЛЛЕКЦИИ ВИР

И.В. Барабанов, Р.С. Рахмангулов

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

INDUCTION OF CALLUSOGENESIS IN SNAPDRAGON FROM THE VIR COLLECTION

I.V. Barabanov, R.S. Rakhmangulov

Federal Research Center

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

Львиный зев (*Antirrhinum majus* L.) – растение с высокими декоративными качествами.

На сегодняшний день методами классической селекции получено обширное разнообразие сортов, высоких и карликовых, различных по форме и окраске цветка, устойчивых к биотическим и абиотическим стрессорам. Стоит отметить, однако, что получение сортов с требуемыми характеристиками традиционными методами – долгий и трудоемкий процесс, строго привязанный к фазам развития растения и климатическим условиям сезона. Отдаленная гибридизация при использовании традиционных инструментов селекционной работы также бывает затруднена или невозможна. Круглогодичное ведение селекционного процесса, преодоление механизмов несовместимости и получение качественно новых признаков достигаются при помощи современных молекулярно-генетических и биотехнологических методов (Рахмангулов, Тихонова, 2021).

Получение каллусной культуры – необходимый подготовительный этап методов генной инженерии, в частности агробактериальной трансформации, редактирования генома методом CRISPR/Cas9 и других методов, позволяющих преодолеть ограничения внутривидовой изменчивости.

Необходимость применения биотехнологических методов возникает не только в процессе селекции, но и по завершении создания сорта. При семенном размножении *A. majus* возможно возникновение в ряду поколений нежелательных фенотипов, частичная утрата декоративной ценности (Daneshvar, Hesami, 2016). Сохранение сортовой специфики, приобретенных хозяйственно ценных признаков также является важной задачей селекционного процесса и может быть решена при помощи микрклонального размножения. Устойчивое получение пригодного для дальнейшего использования каллуса, развитие органов в культивируемых тканях возможно при подборе оптимального сочетания и оптимальных концентраций регуляторов роста в питательной среде (Reinert, 1959; Street, 1966; Torrey, 1966; Halperin, 1970).

Целью данного исследования был подбор оптимальных питательных сред для индукции каллусогенеза для последующей регенерации растений *A. majus* из каллусной культуры.

Материал для получения каллуса – молодые листья – были взяты с ранее введенных в асептические условия растений *A. majus* сортов ‘Черный принц’, ‘Вайс’ и ‘Низкий Желтый’.

С целью инициации каллусообразования были приготовлены 6 вариантов питательных сред, содержащих фитогормоны (цитокинины, ауксины) в различных концентрациях: №1 – 10 мг/л зеатин + 0,2 мг/л ИМК (индолилмасляная кислота); №2 – 5 мг/л зеатин + 0,2 мг/л ИМК; №3 – 6 мг/л 6-БАП (6-бензиламинопурин) + 0,2 мг/л ИМК; №4 – 12 мг/л 6-БАП + 0,2 мг/л ИМК; №5 – 1 мг/л 6-БАП + 1 мг/л НУК (нафталинуксусная

кислота) + 1 мг/л 2,4 D (2,4 дихлорфеноксиуксусная кислота); № 6 – 1 мг/л 6-БАП + 1 мг/л НУК + 1 мг/л ИУК (индолилуксусная кислота).

Листовые экспланты львиного зева были высажены на обозначенные питательные среды в трехкратной повторности. В результате у образцов на всех указанных средах образовался первичный каллус, притом все описанные сорта показали наибольшую интенсивность каллусообразования на среде № 3, с добавлением 6 мг/л 6-БАП и 0,2 мг/л ИМК – у сорта ‘Низкий Желтый’ первичный каллус образовался на 8 из 10 эксплантов, у сортов ‘Черный принц’ и ‘Вайс’ – на 10 из 10. Ни один эксплант указанных сортов на среде № 3 не подвергся некротическим изменениям. В дальнейшем будет произведен подбор сред для стабильного роста каллусной культуры львиного зева и дифференциации тканей и органов.

Тезисы подготовлены в рамках государственного задания ВИР согласно тематическому плану НИР по теме № 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

Halperin W. Single cells, coconut milk, and embryogenesis *in vitro* // Science. 1966. Vol. 153, iss. 3741. P. 1287–1288. DOI: 10.1126/science.153.3741.1287.b

Hesami M., Daneshvar M.H. Regeneration from Callus which is Produced from Cotyledon of *Antirrhinum majus* // Indo-American Journal of Agricultural and Veterinary Sciences. 2016. Vol. 1, No 4. P. 20–24. DOI: 10.1007/ijlbpr_56e24b27b7a3f

Reinert J. Über die Kontrolle der Morphogenese und die Induktion von Adventivembryonen an Gewebekulturen aus Karotten // Planta. 1959. Vol. 53. P. 318–333. [in German]. DOI: 10.1007/BF01881795

Street H.R. Growth, Differentiation and Organogenesis in Plant Tissue and Organ Cultures. Chapter 10 // Cells and Tissues in Culture Methods, Biology and Physiology / Editor E.N. Willmer. London ; New York : Academic Press, 1966. Vol. 3. P. 631–689. URL: file:///C:/Users/Admin/Downloads/E.N.WillmerEds.-CellsandTissuesinCultureMethodsBiologyandPhysiology1966%20(1).pdf (дата обращения: 10.03.2023).

Torrey J.G. The Initiation of Organized Development in Plants // Advances in Morphogenesis. 1966. Vol. 5. P. 39–91. DOI: 10.1016/B978-1-4831-9952-8.50006-7

СТРУЧКОВАЯ СОЯ

С.А. Бурсаков, П.Ю. Крупин

Всероссийский научно-исследовательский институт сельскохозяйственной биотехнологии, Москва, Россия, e-mail: sergeymoscu@gmail.com

VEGETABLE SOYBEAN

S.A. Bursakov, P.Yu. Kroupin

All Russia Research Institute of Agricultural Biotechnology, Moscow, Russia,
e-mail: sergeymoscu@gmail.com

Стручковая соя – это особые сорта сои, которые используются в качестве овощной культуры для получения очищенных бобов или цельных зеленых стручков с физиологически зрелыми бобами. Сложность ее использования – это узкий период сохранения стручков в свежем виде. Этот вопрос отчасти решаем благодаря возможностям быстрой заморозки овоща. Возможно, введение именно этих видов сои на рынок в России позволит более эффективно внедрить в культуру питания эту популярную и особенную по своим качествам культуру. Стручковая соя обладает высокой питательной ценностью и сможет увеличить объемы потребления бобовых за счет превосходных вкусовых качеств. Мировые тенденции указывают, что интерес к овощной сое неуклонно увеличивается и будет продолжать расти. Особое внимание уделяется сортам, способным стать эффективными при продвижении их в более северные широты по сравнению с традиционным ареалом распространения и культивирования. Значительная доля урожая стручковой сои идет на экспорт в страны традиционного ее потребления. Ввиду уникальной ценности этой культуры, необходимо использовать те виды и формы сои, которые легко смогут быть внедрены в культуру питания у нас в стране. Перспективность стручковой сои в этой связи очевидна. Однако отсутствие подходящих сортов, приспособленных к местным условиям выращивания, главная причина ограничений распространения стручковой сои. Большинство сортов овощной сои являются генетически родственными и, соответственно, слабо защищенными от биотических и абиотических факторов. Ускоренная селекция сои с возможностями использования уже имеющихся местных сортов и специфических особенностей стручковой сои позволит распространить данную культуру, а также добавить новое направление исследований в нашей стране, сконцентрированное еще недавно лишь в нескольких странах.

Основными стратегическими задачами для решения в этом направлении мы видим следующие:

1. Создание национальной коллекции стручковой сои;
2. Выявление особых признаков (качества бобов, возможности продвижения на север, устойчивости к стрессам, продление периода сбора урожая и пр.) и генетических маркеров для целенаправленной селекции стручковой сои;
3. Создание новых линий и сортов оптимальных для разных регионов нашей страны для получения стабильных урожаев;
4. Решение вопроса устойчивого самообеспечения собственными семенами и условий их хранения;
5. Определение характеристик высококачественной продукции стручковой сои и методов и форм ее доведения до потребителя;
6. Поиск способов сохранения качественного продукта из стручковой сои;
7. Повышение осведомленности населения о питательной ценности стручковой сои, а также потребительского спроса и потребления;
8. Оценка затрат и рентабельность производства и сбыта стручковой сои.

Работа выполнена за счет средств Государственного задания FGUM-2022-0007 «Изучение генетического потенциала сои и создание инструментов для его использования в селекционном процессе».

РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИИ МАССОВОГО ГЕНОТИПИРОВАНИЯ ПОДСОЛНЕЧНИКА С ПОМОЩЬЮ СЕКВЕНИРОВАНИЯ АМПЛИКОНОВ OXFORD NANOPORE

М.В. Дудников^{1,2}, И.В. Киров^{1,2}, К.Ю. Саенко^{1,3}, Я.Н. Демури⁴, А.А. Соловьев¹

¹Всероссийский научно-исследовательский институт сельскохозяйственной биотехнологии, Москва, Россия, e-mail: max.dudnikov.07@gmail.com

²Московский физико-технический институт (национальный исследовательский университет), Долгопрудный, Россия

³Федеральный научный центр биологической защиты растений, Краснодар, Россия

⁴Всероссийский научно-исследовательский институт масличных культур имени В.С. Пустовойта, Краснодар, Россия

DEVELOPMENT OF SUNFLOWER MASS GENOTYPING TECHNOLOGY USING OXFORD NANOPORE AMPLICON SEQUENCING

M.V. Dudnikov^{1,2}, I.V. Kirov^{1,2}, K.Yu. Saenko^{1,3}, Ya.N. Demurin⁴, A.A. Soloviev¹

¹All-Russia Research Institute of Agricultural Biotechnology, Moscow, Russia, e-mail: max.dudnikov.07@gmail.com

²Moscow Institute of Physics and Technology, Moscow, Russia

³Federal Research Center of Biological Plant Protection, Krasnodar, Russia

⁴Pustovoit All-Russia Research Institute of Oilseed Crops, Krasnodar, Russia

Размер генома подсолнечника (3,6 Гб) не самый большой среди растений, но при этом существенно больше, чем у модельных растений (томат, арабидопсис). При этом сегодня селекционерам важно быстро узнать аллельный состав хозяйственно-важных генов. Например, одним из основных направлений селекции подсолнечника является устойчивость к гербицидам и болезням, повышение количества и качества масличных веществ.

Ген ANAS (ацетогидроксикислотная синтаза) имеет три функциональных паралога (ANAS1, ANAS2, ANAS3), которые обеспечивают умеренную резистентность к основным группам гербицидов. Крайне важным целевым геном для селекции подсолнечника, является ген FAD2 (фермент десатуразы жирных кислот), наличие определенного аллеля которого приводит к изменениям липидного состава семян, значительно увеличивая количество олеиновой кислоты. Эти целевые гены и были выбраны нами для дальнейшего изучения путем генотипирования коллекции линий подсолнечника по генам ANAS1, ANAS2, ANAS3 и FAD2 с целью поиска уникальных аллелей.

Мы проводили нанопоровое секвенирование полноразмерных открытых рамок считывания (около 2 тыс. пн) с использованием технологии секвенирования ампликонов Oxford Nanopore. В исследовании была изучена коллекция 48 линий подсолнечника ФГБНУ ФНЦ ВНИИМК им. В.С. Пустовойта, в том числе две линии с детектированной устойчивостью к имидазолинонам. Нами были подобраны фланкирующие праймеры на открытые рамки считывания изучаемых генов, ампликоны которых объединили в 12 пулов по 4 линии в каждом. После выравнивания концентрации ПЦР-продуктов по каждой линии подсолнечника как внутри, так и среди групп, провели молекулярное баркодирование и секвенирование ампликонов по технологии Oxford Nanopore.

В результате были успешно идентифицированы аллели четырех генов, представленные в изучаемой коллекции. Нами было продемонстрировано оправданное применение концепции мультиплексного анализа, заключающейся в объединении ПЦР-ампликонов для секвенирования Oxford Nanopore и разработан Pipeline для анализа

результатов. Метод позволяет проводить быстрое таргетное секвенирование большого количества образцов с высокой степенью мультиплексирования, обнаружение и поиск носителей ценных аллелей в селекционных образцах.

Исследования выполнены за счет гранта РФФИ № 22-64-00076.

ГОМОЛОГ ИНГИБИТОРА ПЕПТИДАЗЫ КУНИТЦА *NICOTIANA BENTHAMIANA* ПОВЫШАЕТ ЧУВСТВИТЕЛЬНОСТЬ РАСТЕНИЙ К ВИРУСУ ТАБАЧНОЙ МОЗАИКИ

Н.М. Ершова¹, К.А. Камарова¹, Е.В. Шешукова¹, Т.В. Комарова^{1,2}

¹Институт общей генетики им. Н.И. Вавилова Российской академии наук, Москва, Россия,
e-mail: ershovanatalie@gmail.com

²Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова, Москва, Россия

NICOTIANA BENTHAMIANA KUNITZ PEPTIDASE INHIBITOR-LIKE PROTEIN INCREASES PLANT SUSCEPTIBILITY TO TOBACCO MOSAIC VIRUS

N.M. Ershova¹, K.A. Kamarova¹, E.V. Sheshukova¹, T.V. Komarova^{1,2}

¹Vavilov Institute of General Genetics, Russian Academy of Sciences, Moscow, Russia,
e-mail: ershovanatalie@gmail.com

²Lomonosov Moscow State University, Moscow, Russia

Вирусы растений – это облигатные внутриклеточные паразиты, которые используют клеточные ресурсы для успешного инфицирования всего организма. Преодолевая защитные механизмы, такие как иммунный ответ, аутофагию (ксенофагию) вирусных белков, сайленсинг чужеродной РНК, вирусы используют клеточные факторы растения на всех этапах развития инфекции: синтез вирусных белков, создание репликативных фабрик и репродукция генома, межклеточное и системное распространение по организму. Благоприятные условия успешного инфицирования в целом определяются наличием клеточных факторов восприимчивости к инфекции и балансом между активацией и подавлением защитных ответов. Гомолог ингибитора пептидазы Кунитца (Kunitz peptidase inhibitor-like protein, KPILP) является клеточным фактором, экспрессию которого стимулируют X вирус картофеля (ХВК) в *Nicotiana benthamiana* (Ershova et al., 2022) и вирус табачной мозаики (ВТМ) в *N. tabacum* (Sheshukova et al., 2017). При системной инфекции ХВК повышенная экспрессия *KPILP* приводит к запуску ретроградных сигналов хлоропластов, изменениям углеводного метаболизма и стимуляции межклеточного транспорта макромолекул.

Целью данной работы является исследование роли *KPILP* в системе взаимодействий между растением *N. benthamiana* и ВТМ.

В рамках исследования использовали описанную ранее модельную систему (Ershova et al., 2022), включающую в себя три группы растений: (1) с повышенной экспрессией *KPILP*, вызванной инфекцией ХВК (pPVX), (2) с подавленной экспрессией *KPILP* на фоне инфекции ХВК (pPVX:fr*KPILP*) и (3) контрольную группу интактных растений. Для наблюдения за репродукцией и ближним транспортом ВТМ на фоне повышенной и подавленной экспрессии *KPILP* использовали вирусный вектор ВТМ:GFP, созданный на основе генома ВТМ и кодирующий ген *GFP* вместо гена белка оболочки. Доставку ВТМ:GFP в листья описанных выше трех групп растений осуществляли с помощью *Agrobacterium tumefaciens*.

Анализ размеров фокусов инфекции ВТМ:GFP показал, что *KPILP* стимулирует ближний транспорт модельного вирусного вектора. Также продемонстрировано повышение уровня накопления РНК *GFP* и вируса в зонах распространения инфекции, что говорит о стимуляции вирусной репродукции при повышении экспрессии *KPILP*. Для оценки эффективности распространения инфекции по растению также использовали описанную выше модельную систему. Каждую из групп растений заражали ВТМ и наблюдали за развитием симптомов системной инфекции, а также фиксировали продолжительность жизни растений после инокуляции в течение 40 дней. Оказалось, что подавление экспрессии *KPILP*, во-первых, снижает долю погибших растений, во-вторых,

повышает продолжительность жизни растений на фоне агрессивного развития инфекции ВТМ. Таким образом, наши исследования показывают, что (1) KPILP стимулирует межклеточный транспорт и репродукцию ВТМ, (2) подавление экспрессии *KPILP* увеличивает время жизни зараженных ВТМ растений и приводит к повышению резистентности к ВТМ.

Работа выполнена при поддержке гранта РФФ № 19-74-20031.

Список литературы

Ershova N., Sheshukova E., Kamarova K., Arifulin E., Tashlitsky V., Serebryakova M., Komarova T. *Nicotiana benthamiana* Kunitz peptidase inhibitor-like protein involved in chloroplast-to-nucleus regulatory pathway in plant-virus interaction // *Frontiers in Plant Science*. 2022. Vol. 13. DOI: 10.3389/fpls.2022.1041867

Sheshukova E.V., Komarova T.V., Ershova N.M., Shindyapina A.V., Dorokhov Y.L. An Alternative Nested Reading Frame May Participate in the Stress-Dependent Expression of a Plant Gene // *Frontiers in Plant Science*. 2017. Vol. 8. DOI: 10.3389/fpls.2017.02137

СОЗДАНИЕ, ИЗУЧЕНИЕ И ПЕРСПЕКТИВЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ БИОРЕСУРСНЫХ КОЛЛЕКЦИЙ РОДА *BETULA* L.

И.Ю. Исаков¹, Ю.Н. Исаков²

¹Воронежский государственный лесотехнический университет им. Г.Ф. Морозова,
Воронеж, Россия, e-mail: labgen@vglta.vrn.ru

²Всероссийский научно-исследовательский институт лесной генетики, селекции
и биотехнологии, Воронеж, Россия

CREATION, STUDY AND PROSPECTS FOR THE USE OF BIORESOURCE COLLECTIONS OF THE GENUS *BETULA* L.

I.Yu. Isakov¹, Yu.N. Isakov²

¹G.F. Morozov Voronezh State University of Forestry and Technologies, Voronezh, Russia,
e-mail: labgen@vglta.vrn.ru

²All-Russian Research Institute of Forest Genetics, Breeding and Biotechnology,
Voronezh, Russia

Для изучения и рационального использования лесных генетических ресурсов необходимо создавать их коллекции с максимальным уровнем биоразнообразия. Лесные генетические ресурсы относятся к возобновляемым природным ресурсам, что позволяет применять разные генетико-селекционные технологии и получать, в зависимости от типа технологии, различные комбинации хозяйственно-важных признаков. Для того, чтобы использовать ценные генотипы деревьев, их нужно выделить из нативных популяций древесных пород, а это невозможно без тщательного изучения исходного материала (Пути генетического..., 1985). Поэтому при составлении селекционных программ для видов-лесообразователей необходимо учитывать эту специфику, так же как и необходимые характеристики вида для вовлечения в селекционный процесс (Исаков И., Исаков Ю., 2015). Вопросы регуляции проявления пола относятся к фундаментальным проблемам биологии. В то же время формирование и смещение пола у растений относится к сравнительно мало изученным вопросам биологии развития (Чайлахян, Хрянин, 1982). Существует мнение о перспективности использования ДНК-маркеров для оценки биоразнообразия у лесообразующих видов деревьев (Gillet, 1999). Как известно, большинство растений (и однолетних, и многолетних) являются перекрестноопыляющимися видами, более того, считается, что многообразие форм в пределах вида обусловлено именно прогрессивным влиянием аутбридинга (Дарвин, 1939).

Краткое описание видового, гибридного и формового разнообразия коллекции.

Объектами исследования служат следующие специально созданные объекты ЕГСК – Единого Генетико-Селекционного Комплекса, расположенные в Воронежской области. Это как местные (береза повислая и б. пушистая), так и интродуцированные виды берез (береза бумажная, б. белокитайская, б. железная, б. лжеэрмана, б. маньчжурская, б. далекарлийская, б. вишнёвая, б. карельская), а также их гибриды. В 1982 году было получено первое поколение гибридов и селекционных форм берез (F1) в 298 квартале ФГБУ «Воронежский государственный природный биосферный заповедник имени В.М. Пескова» (1570 деревьев). В 1992 году – второе поколение (F2) в урочище Князево (1139 деревьев). В 1995 году – второе поколение (F2) – Семилукский лесопитомник (3436 деревьев).

Основные направления исследований:

1. Создание банка данных генотипов видов, гибридов и селекционных форм берез;
2. Создание банка семян видов, гибридов и селекционных форм берез;
3. Изучение взаимодействия «генотип-среда» деревьев (семей), имеющих одинаковое генетическое происхождение (F2);

4. Изучение наследования количественных и качественных признаков при вертикальном переносе генов;
5. Изучение изменчивости количественных и качественных признаков при искусственном горизонтальном переносе генов (инокуляции деревьев штаммами *Agrobacterium tumefaciens*);
6. Выявление засухоустойчивых деревьев (семей), полученных при семенной репродукции;
7. Изучение полученного пула как местных, так и интродуцированных видов берез, а также их гибридов в качестве географических культур.

На полученном растительном материале F₂ проводится изучение теоретических и практических закономерностей и положений лесной генетики, биотехнологии, селекции и семеноводства; отработка методов молекулярной генетики, паспортизация полученных генотипов и объектов ЕГСК, они включены в работы по грантам РФ, в цитологический мониторинг, вводятся в культуру *in vitro* и создаются долговременные коллекции микроклонов, как в ВГЛТУ, Биоресурсная коллекция ВГЛТУ (https://vgltu.ru/files/nauka/BIOLesteh/kollekciya_gibridov_i_form_roda_betula.pdf?ysclid=lg20xfe52c14377019), так и в других организациях (<http://ckp-rf.ru/usu/569228/>). В докладе будут представлены результаты исследований.

Список литературы

Дарвин Ч. Действие перекрестного опыления и самоопыления в растительном мире перевод со 2-го английского издания д-ра В.А. Рыбина, Л.Н. Кохановской ; под редакцией и с предисловием к переводу акад. Н.И. Вавилова ; вступительная статья акад. В.Л. Комарова [«К исследованию Дарвина о перекрестном опылении и самоопылении», С. 5–7]. Москва ; Ленинград : Сельхозгиз, 1939. 340 с. (Классики естествознания).

Исаков И., Исаков Ю. Инбридинг и гибридизация в роде Береза. Генезис и значение. Германия : LAP Lambert Academic Publishing, 2015. 104 с.

Каталог международной Коллекции *ex situ* селекционных форм, гибридов семейства Betulaceae Воронежского государственного лесотехнического университета им. Г.Ф. Морозова (на кафедре лесных культур, селекции и лесомелиорации) // Воронежский государственный лесотехнический университет им. Г.Ф. Морозова. Биоресурсная коллекция ВГЛТУ : официальный сайт. URL: https://vgltu.ru/files/nauka/BIOLesteh/kollekciya_gibridov_i_form_roda_betula.pdf?ysclid=lg20xfe52c14377019 (дата обращения 11.05.2023).

Коллекция *in vitro* клонов ценных генотипов лиственных древесных растений // Научно-технологическая инфраструктура Российской Федерации (НТИРФ) : официальный сайт. URL: <https://ckp-rf.ru/catalog/usu/569228/> (дата обращения 11.05.2023).

Пути генетического улучшения лесных древесных растений. Москва : Наука, 1985. 239 с.

Чайлахян М.Х., Хрянин В.Н. Пол растений и его гормональная регуляция. Москва : Наука, 1982. 173 с.

Gillet E.M. DNA markers – concepts and characteristics // Which DNA Marker for Which Purpose? Final Compendium of the Research Project Development, optimisation and validation of molecular tools for assessment of biodiversity in forest trees in the European Union DGXII Biotechnology FW IV Research Programme Molecular Tools for Biodiversity / E.M. Gillet (ed.). Germany : Institut für Forstgenetik und Forstpflanzenzüchtung, Universität Göttingen, 1999. URL: <http://webdoc.sub.gwdg.de/ebook/y/1999/whichmarker/index.htm> (дата обращения 11.05.2023).

ОБРАТИМО ГЛИКОЗИЛИРУЕМЫЕ ПОЛИПЕПТИДЫ КЛАССА 1 ПОДАВЛЯЮТ БЛИЖНИЙ ТРАНСПОРТ И РЕПРОДУКЦИЮ ВИРУСА ТАБАЧНОЙ МОЗАИКИ У *NICOTIANA BENTHAMIANA*

К.А. Камарова¹, Н.М. Ершова¹, Е.В. Шешукова¹, Т.В. Комарова^{1,2}

¹Институт общей генетики им. Н.И. Вавилова Российской академии наук, Москва, Россия,
e-mail: kamila.kamarova@yandex.ru

²Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова, Москва, Россия

CLASS 1 REVERSIBLY GLYCOSYLATED POLYPEPTIDES SUPPRESS LOCAL TRANSPORT AND REPRODUCTION OF TOBACCO MOSAIC VIRUS IN *NICOTIANA BENTHAMIANA*

К.А. Kamarova¹, N.M. Ershova¹, E.V. Sheshukova¹, T.V. Komarova^{1,2}

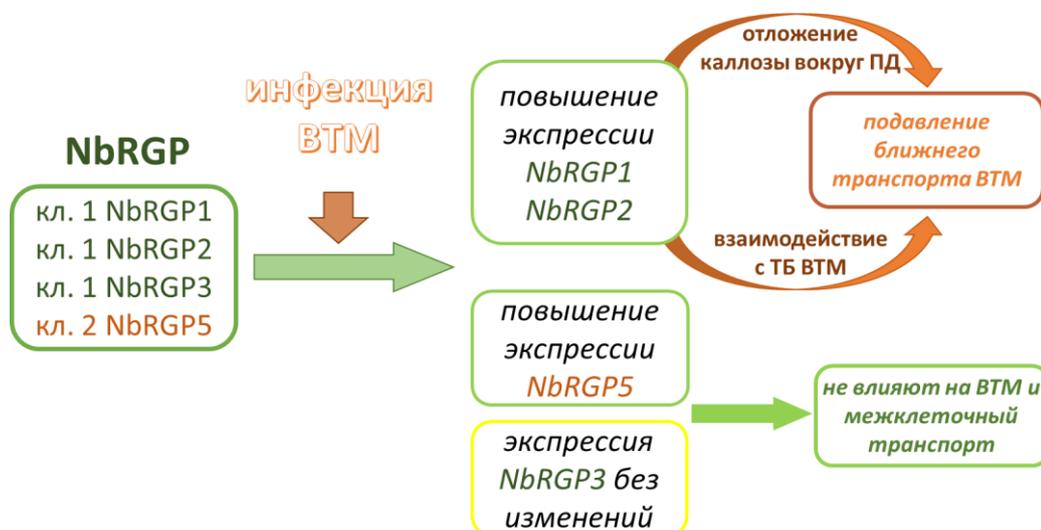
¹Vavilov Institute of General Genetics, Russian Academy of Sciences, Moscow, Russia,
e-mail: kamila.kamarova@yandex.ru

²Lomonosov Moscow State University, Moscow, Russia

Клетки высших растений формируют симпласт, в котором цитоплазма соседних клеток соединена каналами, плазмодесмами (ПД), выстланными плазматической мембраной. Через ПД происходит межклеточный транспорт эндогенных молекул, а пропускная способность ПД строго регулируется. Растения используют ПД для координации клеточных процессов во время роста, развития и ответных реакций на стрессовые воздействия. Во время вирусной инфекции пропускная способность ПД определяется функционированием ряда белковых факторов, которые синтезируются в клетках при запуске защитных ответов, чтобы ограничить распространение вируса по ткани. Поиск и исследование таких факторов является важной задачей, отвечающей на вопросы регуляции межклеточного транспорта в условиях стресса. Обратимо гликозилируемые полипептиды (Reversibly Glycosylated Polypeptides, RGP) идентифицированы во многих видах растений. Это клеточные факторы, участвующие в защитных реакциях на различные стрессы. RGP делятся на два класса (1 и 2) и осуществляют катализ превращения UDP-L-арабинопиранозы в UDP-L-арабинофуранозу, причем мутазной активностью обладают только белки класса 1, а представители класса 2 выполняют структурную функцию. При вирусной инфекции эти белки проявляют защитную функцию и подавляют развитие инфекции, как было показано при конститутивной экспрессии *RGP2 Arabidopsis thaliana* в трансгенных *Nicotiana tabacum* (Zavaliev et al, 2010) и при подавлении экспрессии эндогенных *RGP1-3* у *N. benthamiana* (Burch-Smith et al., 2012). Точный механизм противовирусного действия неизвестен.

Целью данной работы является исследование роли RGP классов 1 и 2 *N. benthamiana* в регуляции межклеточного транспорта вируса табачной мозаики (ВТМ). Анализ генома *N. benthamiana* показал наличие четырех генов *RGP*: *RGP1*, 2, 3 класса 1 с высокой идентичностью внутри группы, и *RGP5* класса 2. Анализ экспрессии всех четырех генов *RGP* в растениях *N. benthamiana* с системной инфекцией ВТМ показал повышение уровня мРНК *NbRGP1*, 2 и 5 в ответ на инфекцию. Созданы генно-инженерные конструкции, кодирующие *NbRGP1*, 2, 3 и 5, для экспрессии в *N. benthamiana* и выполнен анализ влияния всех *NbRGP* на развитие инфекции ВТМ в листьях. Для имитации инфекции использовали вирусный вектор ВТМ:GFP на основе генома ВТМ, в котором ген белка оболочки заменен на GFP. При агробактериальном заражении клеток листа ВТМ:GFP инфекция распространяется лишь в смежные клетки, то есть происходит ближний транспорт вирусной РНК, который обеспечивается транспортным белком (ТБ) ВТМ. Анализ размера локальных очагов инфекции и интенсивности флуоресценции GFP дает количественную оценку состоянию межклеточного транспорта. При коэкспрессии в листьях ВТМ:GFP

с каждым из генов *NbRGP* и последующей количественной оценкой очагов инфекции выявлено, что *NbRGP1*, 2 и 3 подавляют межклеточный транспорт ВТМ, а *RGP5* таким свойством не обладает. На примере *NbRGP1* оценена способность этих белков взаимодействовать с ТБ ВТМ. Продемонстрировано *in vitro* взаимодействие рекомбинантных *NbRGP1* и ТБ методом связывания белков на мембране (overlay assay). А также получены генно-инженерные конструкции, кодирующие *NbRGP1*, слитый с нефлуоресцирующими фрагментами YFP (YN или YC), для тестирования в системе бимолекулярной комплементации флуоресценции (BiFC). Аналогичные конструкции созданы и для ТБ ВТМ. Показано, что в результате одновременного синтеза в клетках листа *NbRGP1* и ТБ, слитых с соответствующими частями YFP, наблюдается восстановление флуоресценции хромофора. Таким образом, продемонстрировано взаимодействие *NbRGP1* и ТБ *in vivo*. Одним из механизмов регуляции пропускной способности ПД является изменение количества каллозы, окружающей ПД. Показано, что повышенная экспрессия *NbRGP1* стимулирует формирование отложений каллозы в районе ПД, что приводит к их сужению и снижению эффективности межклеточного транспорта.



Таким образом, на основании результатов, полученных в ходе настоящего исследования, можно заключить, что (1) *NbRGP1*, 2 класса 1 индуцируются в ответ на инфекцию ВТМ и подавляют межклеточный транспорт вируса; (2) *NbRGP1* стимулирует «закрытие» плазмодесм по каллоза-опосредованному пути, а также за счет взаимодействия с ТБ ВТМ, что, вероятно, препятствует переносу вирусной РНК из клетки в клетку; (3) экспрессия *NbRGP5*, принадлежащего к классу 2, активируется в ответ на инфекцию ВТМ, однако это повышение не влияет на межклеточный транспорт вируса.

Работа поддержана грантом РФФ № 19-74-20031.

Список литературы

Burch-Smith T.M., Cui Y., Zambryski P.C. Reduced levels of class 1 reversibly glycosylated polypeptide increase intercellular transport via plasmodesmata // *Plant Signaling & Behavior*. 2012. Vol. 7. P. 62–67. DOI: 10.4161/psb.7.1.18636

Zavaliev R., Sagi G., Gera A., Epel B.L. The constitutive expression of Arabidopsis plasmodesmal-associated class 1 reversibly glycosylated polypeptide impairs plant development and virus spread // *Journal of Experimental Botany*. 2010. Vol. 61, No 1. P. 131–142. DOI: 10.1093/jxb/erp301

ИЗУЧЕНИЕ ВЛИЯНИЯ А3, А4, 9Е ТИПОВ СТЕРИЛЬНЫХ ЦИТОПЛАЗМ В СИСТЕМЕ ТЕСТЕРНЫХ СКРЕЩИВАНИЙ САХАРНОГО СОРГО

О.П. Кибальник

Российский научно-исследовательский и проектно-технологический институт сорго
и кукурузы, Саратов, Россия, e-mail: kibalnik79@yandex.ru

A STUDY OF THE INFLUENCE OF A3, A4, 9E TYPES OF STERILE CYTOPLASM IN THE SYSTEM OF TEST CROSSES OF SUGAR SORGHUM

O.P. Kibalnik

Russian Research, Design and Technology Institute of Sorghum and Corn, Saratov, Russia

В настоящее время наиболее перспективным направлением селекции является создание гибридов F1 сахарного сорго. Сахарное сорго широко используется в приготовлении сочных кормов, а также рассматривается как альтернативный источник биотоплива и сахаросодержащей продукции. Эта культура отличается высокой экологической пластичностью и может произрастать в критически складывающихся климатических условиях. Промышленное получение семян гибридов F1 основано на использовании цитоплазматической мужской стерильности (ЦМС). При правильном подборе родительских компонентов возможно выведение высокогетерозисных гибридов. Поэтому выявление компонентов скрещиваний (ЦМС-линий и сортов-опылителей) с высокой комбинационной способностью – это основной этап в селекции на гетерозис. Целью исследований являлась оценка комбинационной способности (эффектов ОКС и дисперсий СКС) изоядерных ЦМС-линий на основе стерильных цитоплазм А3, А4, 9Е и образцов сахарного сорго в системе тестерных скрещиваний.

Исходный материал (3 ЦМС-линии, 13 опылителей – сорта и перспективные линии) и гибриды F1 (всего 39) выращивали в засушливых условиях Саратовского Правобережья на опытном поле ФГБНУ РосНИИСК «Россорго» в 2016–2018 гг. Метеорологические условия в период изучения компонентов скрещиваний и гибридов оказались различными: гидротермический коэффициент за периоды вегетаций растений составил 0,51–1,01. Учет урожайности биомассы и анализ морфометрических признаков проводили по общепринятым методикам. Комбинационную способность компонентов скрещиваний оценивали по методу топкросса (Савченко, 1973).

За период исследований гибриды F1 существенно различались по урожайности биомассы. Наиболее продуктивными оказались гибриды, у которых в качестве отцовской формы использовали линию Л-52/13 – 39,9–71,4 т/га (рисунок). Анализ комбинационной способности компонентов скрещиваний на основе трехлетних результатов показал, что высокие эффекты ОКС отмечены у сортов 'Волжское 51', 'Саратовское 90' и линии Л-52/13 (1,91–15,71). Наибольшие дисперсии СКС выявлены у сорта 'Саратовское 90' и линий Л-60/12, Л-52/13 (1,21–189,27). Установлено, что тип стерильной цитоплазмы не оказал существенного влияния на общую и специфическую комбинационную способность изоядерных ЦМС-линий по урожайности биомассы. При этом более высокие показатели эффектов ОКС (1,04–1,27) и дисперсий СКС (11,80–36,66) отмечены у 9Е Желтозерное 10 по сравнению с аналогами на стерильных цитоплазмах А3 и А4. Полученные сведения целесообразно использовать в селекционных программах по выведению высокопродуктивных гибридов сахарного сорго.

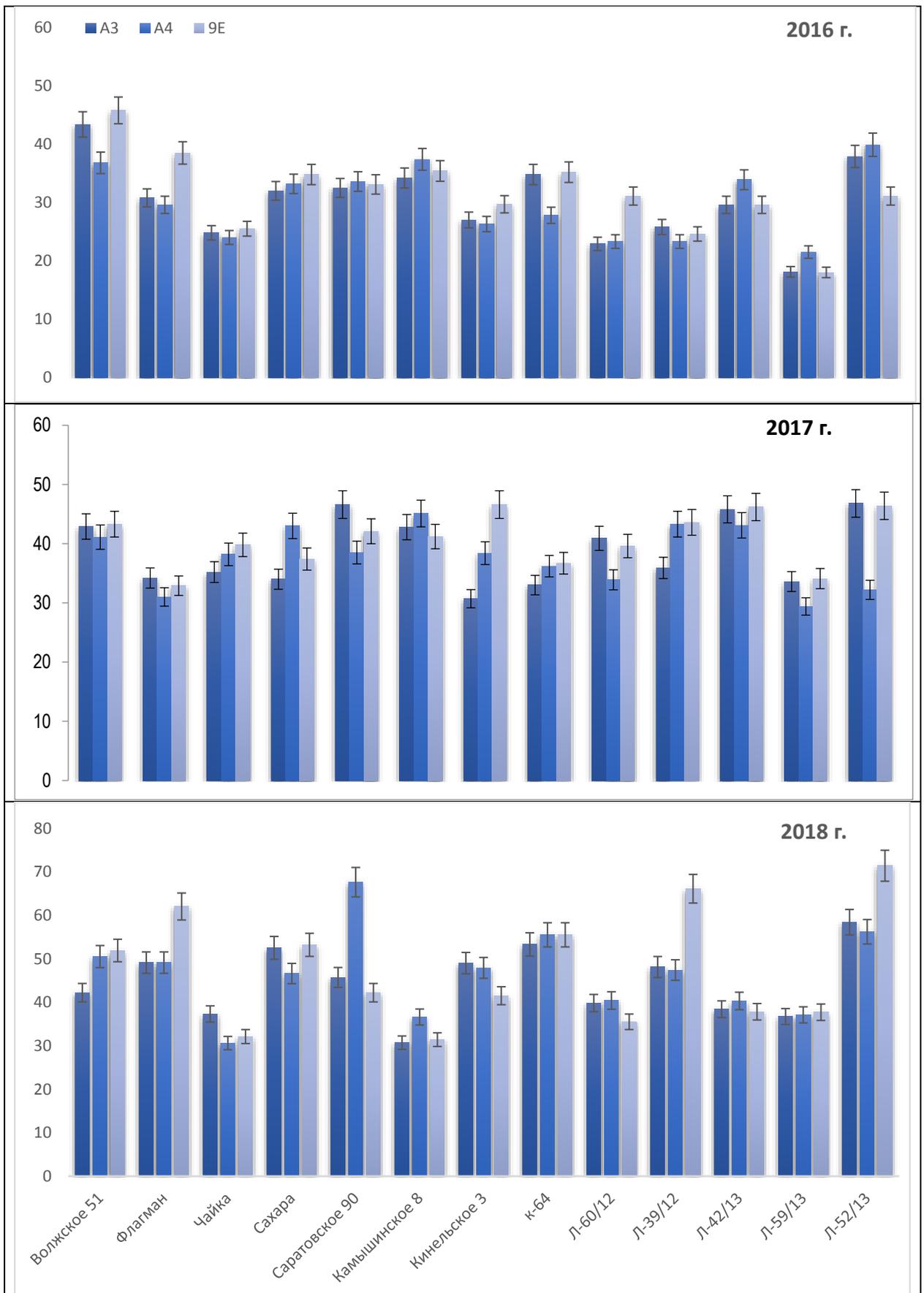


Рисунок. Изменение урожайности биомассы (т/га) гибридов F1 сахарного сорго на основе A3, A4, 9E типов стерильных цитоплазм, 2016–2018 гг.

НОВЫЙ ГЕНОФОНД РИСА, УСТОЙЧИВОГО К ДЛИТЕЛЬНОМУ ПОГРУЖЕНИЮ В ВОДУ

П.И. Костылев, Н.Н. Вожжова, Н.В. Калинина, В.А. Голубова
Аграрный научный центр «Донской», Зерноград, Россия, e-mail: p-kostylev@mail.ru

A NEW GENE POOL OF RICE RESISTANT TO PROLONGED IMMERSION IN WATER

P.I. Kostylev, N.N. Vozhzhova, N.V. Kalinina, V.A. Golubeva
Agricultural research center "Donskoy", Zernograd, Russia, e-mail: p-kostylev@mail.ru

Рисом питаются миллиарды людей в мире. Его выращивают на пяти континентах в самых разных условиях, от дельт рек и низменностей до неоднородных горных районов. Наводнение представляет серьезную угрозу мировому производству риса, особенно в Азии, где треть полей уязвима для этого фактора. Рис очень устойчив к неглубокому затоплению водой, так как способен переносить кислород к корневой системе благодаря аэренхиме стеблей. Однако очень немногие сорта риса могут выдерживать полное погружение в воду. Такие сорта можно использовать в России для борьбы с сорными растениями с помощью длительного затопления, без гербицидов. Молекулярный механизм, лежащий в основе способности некоторых сортов риса выдерживать затопление, известен с 2006 года. Генетические исследования привели к идентификации основного *QTL Sub1* на хромосоме 9, который обеспечивает до 70% фенотипической изменчивости устойчивости риса к погружению в воду. Локус *Sub1A-1* влияет на экспрессию генов, участвующих в анаэробном метаболизме, снижая потребление углеводов и подавляя рост и удлинение стебля путем ограничения активности гиббереллина, стимулируемой этиленом. Сорта риса, обладающие геном *Sub1A-1*, устойчивы к затоплению, потому что они перестают расти при погружении в воду. Таким образом, их углеводные запасы сохраняются, чтобы обеспечить возможность возобновления роста, когда вода отступает. Этот механизм толерантности к погружению был определен как «стратегия покоя» в отличие от стратегии «роста побега», основанной на четко скоординированном усилении восходящего роста стеблей и листьев. Стратегия «роста побега» позволяет побегам восстановить контакт с атмосферой над поверхностью воды, чтобы растение могло эффективно возобновить аэробную метаболическую активность, обеспечивая перенос воздуха аэренхимой к погруженным частям растения. У глубоководного риса экспрессируются другие гены: *Snorkel 1* и *Snorkel 2* (*SK1* и *SK2*). У этого риса накопленный этилен запускает экспрессию генов *SK*, что приводит к гиббереллин-зависимой индукции удлинения междоузлий. Напротив, этилен-индуцированный *Sub1A-1* подавляет рост, вмешиваясь в сигнальный путь гиббереллина. Эти две противоположные реакции растений, основанные на этилене и генах, из одной и той же группы факторов транскрипции, являются примером генетической адаптации к новым условиям. Идентификация этих генов позволила ввести признак толерантности к погружению в высокопродуктивные сорта методом беккроссов с помощью маркеров.

Цель работы – создание широкого спектра линий риса с генами устойчивости к затоплению. В качестве доноров использовали сорта подвида *indica* с геном *Sub1A*: 'BR-11', 'CR-1009', 'Inbara-3', 'TDK-1', 'Khan Dan (KD)'. Их скрещивали с сортом подвида *japonica* 'Новатор'. Идентификацию гена *Sub1A* проводили методом ПЦР с использованием праймеров, специфичных к последовательности гена *Sub1A* (база данных www.ncbi.nlm.nih.gov). Донорами генов *Snorkel 1, 2* послужили сорта 'Khao Hlan On', 'Kharsu 80A', 'Mazhan Red'. В качестве реципиентов использовали российские сорта АНЦ «Донской» 'Контакт' и 'Кубояр'. Гибриды первого поколения от скрещивания скороспелого российского сорта 'Новатор' с донорами гена *Sub1A* характеризовались

высокой степенью стерильности (90–95%), что свидетельствует о значительных генетических различиях между родительскими формами. Во втором поколении наблюдали широкий спектр расщепления по вегетационному периоду, высоте растений, длине и форме метелки, количеству колосков, остистости. Среди гибридов F₂ были выделены лучшие образцы, совмещающие в себе скороспелость, низкорослость, неосыпаемость и фертильность колосков. Среди этих образцов с помощью ДНК-маркирования отобраны для дальнейшей селекции гомозиготные формы по гену *Sub1A*. Параллельно велась работа по переносу генов *SK1* и *SK2* на генетическую основу сортов ‘Контакт’ и ‘Кубояр’. В результате исследований были получены 180 образцов риса F₇–F₉, полученных от гибридизации российских сортов с азиатскими донорами различных генов устойчивости к длительному затоплению водой. С использованием разработанного нами физиологического метода были проведены лабораторные оценки риса по способности к анаэробному прорастанию. Семена помещали в стеклянную пробирку (2,5 см в диаметре и 15 см в высоту), заливали дистиллированной водой глубиной 10 см и инкубировали при температуре 28°C, не меняя воду. На 5-й, 7-й, 9-й, 12-й и 14-й день измеряли длину ростка для выявления динамики роста.

В процессе исследований было установлено, что при анаэробном прорастании через 5 суток большинство изучаемых сортов и линий (71 %) имели среднюю длину ростка от 0,1 до 2,0 см, только 6% обладали максимальной средней длиной ростков от 3,0 до 4,0 см.

Наибольшая длина ростка (3,0–4,0 см) была у трех линий: 1665, 1176 и 1337. Большинство линий не имели корней. Только у трех линий был обнаружен проросший корешок, его длина составила 2-3 мм. При аноксии проросток риса удлиняет междоузлие и формирует в первую очередь росток более длинный, чем при аэробном прорастании, чем и обуславливается незначительное развитие или отсутствие корешка у большинства растений риса. В процессе исследования проростки 19 линий риса в пробирках очень медленно росли, от 0,1 до 0,5 см, что дало предположение о наличии у них гена *Sub 1A*. На 7 день роста в пробирках длина ростка у образцов варьировала от 0,9 до 4,8 см, в среднем – 2,7 см. Наименьший прирост или состояние покоя у изучаемых образцов свидетельствует о возможности присутствия в них гена *Sub1A*. Самый малый прирост длины ростка (0,2–0,5 см) отмечен у образцов 1177 [(*Inbara-3* × Новатор) × Контакт], 3137 (*Inbara-3* × Степняк), 2407 (Бахус × *Inbara-3*), 1337 [BR-11 × Новатор) × Кубань 3], 1176 [(*Inbara-3* × Новатор) × Контакт], 766 (*Inbara-3* × Контакт). У большинства из них в родословной есть сорт ‘*Inbara-3*’, несущий в своем генотипе локус *Sub1A*. На 9-й день длина ростка варьировала от 1,8 до 7,0 см, в среднем 3,8 см. Наименьшая длина ростка (2,1-2,2 см) была у образцов 766 (*Inbara-3* × Контакт), 3137 (*Inbara-3* × Степняк), 2407 (Бахус × *Inbara-3*). Еще 25 образцов имели небольшую длину ростка до 3 см. Многие формы были светло-зелеными, они оказались не устойчивы к такому виду стресса и не выжили. На 12-й день опыта длина проростка у образцов варьировала от 3,4 до 11,5 см, в среднем 6,3 см. Преобладали образцы с длиной ростка 3–7 см, их было 64%. Около 6% образцов быстро росли и преодолели слой воды в пробирке, выйдя на воздух. Их длина составила 11,4 см. Однако интерес представляют и слаборастущие формы. В частности, образец 766 (*Inbara-3* × Контакт) вырос лишь до 2,2 см, прибавив за 3 дня 1 мм. Через 14 дней средняя длина проростков составила 8,6 см, варьируя от 3,0 до 16,5 см. Самыми высокорослыми оказались образцы 1191 [(*Inbara-3* × Контакт) × (Khao Hlan On × Кубояр)] – 16,5 см, и 1542 (Kharsu 80A × Контакт) – 16,3 см, а низкорослым – № 766 – 3 см. По-видимому, образцам 1191 и 1542 передан ген энергичного роста *Snorkel* от сортов ‘Khao Hlan On’ и ‘Kharsu 80A’, а образцу 766 – ген *Sub1A* от сорта ‘*Inbara-3*’. Показатель энергии начального роста растений риса в лабораторных условиях позволил выявить различия испытываемых образцов по реакции на этот абиотический стресс, что дало возможность выделить две группы образцов с устойчивостью к затоплению двух типов. ПЦР-анализ подтвердил наличие у этих образцов риса генов интереса. Их можно использовать в качестве исходного материала для селекционной работы.

Материалы подготовлены в рамках конкурса Российского научного фонда 2021 года «Проведение фундаментальных научных исследований и поисковых научных исследований малыми отдельными научными группами» (соглашение № 22-26-00246 от 21.12.2022 г.).

ИЗУЧЕНИЕ КОЛЛЕКЦИИ ВИР ЯРОВОГО ЯЧМЕНЯ ДЛЯ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ В СЕЛЕКЦИОННОМ ПРОЦЕССЕ В УСЛОВИЯХ ПРИМОРСКОГО КРАЯ

Н.В. Кузьменко, Г.А. Муругова

Федеральный научный центр агробιοтехнологий Дальнего Востока им. А.К. Чайки,
Уссурийск, Россия, e-mail: nata.kuzmenko.2907@mail.ru, fe.smc_rf@mail.ru

STUDIES OF THE VIR COLLECTION OF SPRING BARLEY FOR THE USE IN BREEDING UNDER CONDITIONS OF PRIMORSKY KRAI

N.V. Kuzmenko, G.A. Murugova

Federal Scientific center of Agricultural Biotechnology of the Far East named after A.K. Chaika,
Ussuriysk, Russia, e-mail: e-mail: nata.kuzmenko.2907@mail.ru, fe.smc_rf@mail.ru

Ячмень – одна из ведущих зерновых культур всестороннего использования (в качестве кормовой, продовольственной и технической культуры). Современному сельскохозяйственному производству необходимы новые сорта ячменя, сочетающие высокую потенциальную продуктивность, качество продукции с толерантностью к основным заболеваниям, способные обеспечивать высокий урожай при минимальных затратах с максимальной реализацией ее в местных условиях.

При создании таких сортов одна из ведущих ролей принадлежит исходному материалу и умелому подбору родительских пар. Все это определяет актуальность селекции ярового ячменя в этом направлении.

Цель исследования состоит в создании нового исходного материала для получения сортов ярового ячменя всестороннего использования (пивоваренного и кормового), отвечающих современным требованиям производства (с высокой продуктивностью, устойчивых к полеганию и наиболее вредоносным грибным заболеваниям).

Внутривидовая гибридизация эколого-географически отдаленных форм – основной метод, используемый в селекционной работе с яровым ячменем. Родительские формы для гибридизации подбирались с учетом адаптации и реакции их на условия произрастания. В качестве стандартов использовали сорта 'Приморский 89' (пивоваренный) и 'Восточный' (кормовой).

Изучалось более 400 образцов из разных эколого-географических групп. Сорта, сильно пораженные болезнями на естественном фоне, склонные к полеганию, осыпанию, прорастанию на корню, выбраковывались после 1-го года изучения. В результате изучения и отбора была сформирована рабочая группа сортообразцов с хозяйственно ценными признаками из разных эколого-географических зон, которые в условиях Приморского края характеризуются среднеспелым типом развития, хорошей засухоустойчивостью в первую половину вегетации и устойчивостью к переувлажнению – во вторую, высокой и средней устойчивостью к комплексу болезней, осыпанию, полеганию, вымоканию.

Изученные сортообразцы были распределены на семь групп по происхождению: Западная Европа, Америка, Россия (без СНГ), СНГ (без России), Дальний Восток (без России), Восточная Африка, Азия. Выделившиеся образцы из Америки, Западной Европы и России как источники представляют большой интерес для использования в селекционной работе по созданию высокопродуктивных, устойчивых к различным факторам сортов ярового ячменя.

Использованные в гибридизации сорта-источники показали свою эффективность при создании новых сортов ярового ячменя, которые изучаются в конкурсном сортоиспытании.

Северная Америка – 'Kris', 'Clark', 'Ellice', 'Samson', 'Orest', 'Morex'; Западная Европа – 'HVS 59393', 'Marecu', 'Dorina', 'Nebi', 'Emir', 'Patty', 'Ingrid'; Россия – 'Эльф', 'Прерия', 'Нутанс 642', 'Ача', 'Ерофей', 'Уссурийский 8'. Выделившиеся образцы

из Америки, Западной Европы и России как источники представляют большой интерес для использования в селекционной работе по созданию высокопродуктивных, устойчивых к различным факторам сортов ярового ячменя.

Таким образом, за последние годы в результате изучения селекционного материала по комплексу ценных селекционно-хозяйственных признаков с участием выделенных источников получены новые сорта ярового ячменя: 'Восточный' (Приморский 6216 × Ерофей), 'Тихоокеанский' [Черниговский 90 × (Уссурийский 8 × Union) × Trebi] и Приморец (Приморский 5021 × Криничный), 'Приморский 100' (Приморский 128 × Morex). Сорта обладают высокой потенциальной продуктивностью, засухоустойчивостью, устойчивостью к осыпанию, пониканию колоса, прорастанию на корню.

ВИДОВОЕ РАЗНООБРАЗИЕ ГРИБОВ РОДА *FUSARIUM* НА ЗЕРНОВЫХ КУЛЬТУРАХ В УСЛОВИЯХ ПРЕДГОРНОЙ ЗОНЫ ЦЕНТРАЛЬНОГО КАВКАЗА

И.Р. Манукян¹, Ю.В. Цветкова²

¹Федеральный научный центр «Владикавказский научный центр Российской академии наук», Северо-Кавказский научно-исследовательский институт горного и предгорного сельского хозяйства – филиал ВНИЦ РАН, с. Михайловское, Россия, e-mail: miririna.61@mail.ru

²Всероссийский центр карантина растений, рп. Быково, Россия

DIVERSITY OF *FUSARIUM* FUNGI SPECIES ON GRAIN CROPS UNDER CONDITIONS OF THE CENTRAL CAUCASUS FOOTHILL ZONE

I.R. Manukyan¹, Yu.V. Tsvetkova²

¹Vladikavkaz Scientific Centre of the Russian Academy of Sciences, North Caucasus Research Institute of Mountain and Foothill Agriculture - branch of the VSC RAS, Mikhailovskoye village, Russia, e-mail: miririna.61@mail.ru

²All-Russian Plant Quarantine Center, Bykovo, Russia

Материалом для исследований служили инфицированные зерна озимой пшеницы и тритикале, собранные в предгорной зоне РСО-Алания 2022 году. Видовую идентификацию грибов рода *Fusarium* проводили по культурально-морфологическим и молекулярно-генетическим признакам в лаборатории микологии ФГБУ «ВНИИКР».

Изоляты выделяли в чистую культуру в стерильных условиях по общепринятой методике. Культивировали грибы в течение 14 суток на 2-процентном картофельно-глюкозным агаре при 25°C. Для работы использовали микроскоп Olympus Vx43F, для морфометрии – программное обеспечение Quick-photo MICRO 3.2. Для подтверждения видовой принадлежности проводили классическую ПЦР с универсальными праймерами Tub 2F (GTVCACCTYCARACCGGYCARTG) / Tub 4R (CCRGAYTGRCRAARARAAG TTGTC) с дальнейшим секвенированием нуклеотидных последовательностей по методу Сэнгера на генетическом анализаторе 3500 Applied Biosystems (Sanger et al., 1977; Woudenberg et al., 2009; Groenewald et al., 2013).

Для секвенирования таксономически информативных локусов и идентификации фузариозных грибов была амплифицирована область генов β -тубулина. В качестве референсных были использованы последовательности генов β -тубулина, полученные из баз данных GenBank (NCBI) и FUSARIUM-ID

Сравнение полученных последовательностей нуклеотидов позволило установить генетическое разнообразие штаммов фузариумов и уточнить их видовую приуроченность. Было выделено более 150 изолятов, идентифицировано 12 видов грибов рода *Fusarium*: *F. graminearum*, *F. oxysporum*, *F. equiseti*, *F. avenaceum*, *F. sporotrichioides*, *F. poae*, *F. cerealis*, *F. incarnatum*, *F. vorosii*, *F. sambuticum*, *F. proliferatum*, *F. tricinctum*. Кроме фузариозных грибов были идентифицированы и другие виды (*Bipolaris*, *Alternaria*, *Epicoccum*). В зерне озимой тритикале обнаружено 3 вида фузариумов (*F. graminearum*, *F. oxysporum*, *F. equiseti*), в зерне озимой пшеницы 12 видов. Во всех образцах доминировал вид *F. graminearum* (частота встречаемости 56,7%). С наибольшей частотой отмечены также виды *F. avenaceum* (15–36%) и *F. sporotrichioides* (14%). Видовой состав *Fusarium* в порядке убывания частоты встречаемости был представлен: *F. graminearum*, *F. avenaceum*, *F. sporotrichioides*, *F. oxysporum*, *F. equiseti*, *F. incarnatum*, *F. poae*, *F. vorosii*, *F. proliferatum*, *F. cerealis*, *F. sambuticum*, *F. tricinctum*. Довольно высокая частота встречаемости (13,2%) отмечена для *F. equiseti*, более характерного для Сибири и Дальнего Востока (Гагкаева и др., 2011; Манукян, 2003) (рисунок).

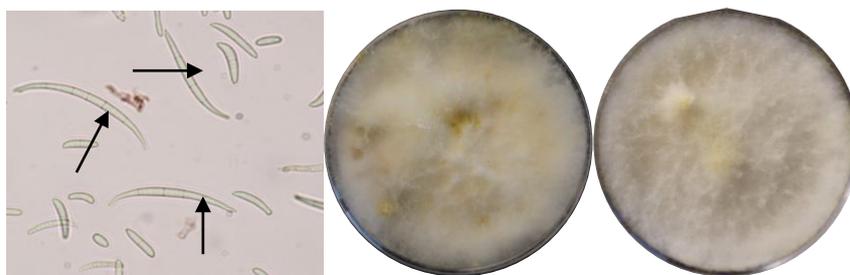


Рисунок. Культура на среде КСА и конидии гриба *Fusarium equiseti*

Список литературы

Гагкаева Т.Ю., Гаврилова О.П., Левитин М.М., Новожилов К.В. Фузариоз зерновых культур. Москва : Редакция журнала «Защита и карантин растений», 2011. С. 70(2)–119(51), [1]. (Приложение к журналу "Защита и карантин растений" ; № 5, 2011).

Манукян И.Р. Фитопатогены озимой пшеницы в Северной Осетии // Защита и карантин растений. 2003. № 1. С. 332–333.

Groenewald J.Z., Nakashima C., Nishikawa J., Shin H.-D., Park J.-H., Jama A.N., Groenewald M., Braun U., Crous P.W. Species concepts in *Cercospora*: spotting the weeds among the roses // Studies in Mycology. 2013. Vol. 75, No 1. P. 115–170. DOI: 10.3114/sim0012

Sanger F., Nicklen S., Coulson A. R. DNA sequencing with chain-terminating inhibitors // Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America. 1977. Vol. 74, No 12. P. 5463–5467. DOI: 10.1073/pnas.74.12.5463

Woudenberg J.H., Aveskamp M.M., de Gruyter J., Spiers A.G., Crous P.W. Multiple *Didymella* teleomorphs are linked to the *Phoma clematidina* morphotype // Persoonia. 2009. Vol. 22. P. 56–62. DOI: 10.3767/003158509X427808

ОЦЕНКА СТАРОДАВНИХ СОРТОВ ОЗИМОЙ МЯГКОЙ ПШЕНИЦЫ ИЗ КОЛЛЕКЦИИ ВИР НА УСТОЙЧИВОСТЬ К ЖЕЛТОЙ ПЯТНИСТОСТИ

Н.В. Мироненко¹, Н.М. Коваленко¹, О.А. Баранова¹, О.П. Митрофанова²

¹Всероссийский научно-исследовательский институт защиты растений, Санкт-Петербург, Россия, e-mail: nina2601mir@mail.ru

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

EVALUATION OF WINTER BREAD WHEAT LANDRACES FROM THE VIR COLLECTION FOR TAN SPOT RESISTANCE

N.V. Mironenko¹, N.M. Kovalenko¹, O.A. Baranova¹, O.P. Mitrofanova²

¹All-Russian Research Institute of Plant Protection, 196608 St. Petersburg, Russia, e-mail: nina2601mir@mail.ru

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

Желтая пятнистость – важная болезнь пшеницы во всем мире, возбудитель ее – аскомицетный гриб *Pyrenophora tritici-repentis* (Died.) Drechsler [анаморфа *Drechslera tritici-repentis* (Died.) Shoemaker]. Вредоносность данной болезни зависит от многих факторов: агрессивности и вирулентности популяции патогена, особенностей генотипа возделываемого сорта пшеницы, почвенно-климатических условий его выращивания, использования комплексов агротехнических приемов, направленных на повышение устойчивости пшеницы к вредоносным болезням. Известно, что в условиях эпифитотии потери зерна могут достигать 65%, при этом также ухудшается качество зерна (Rees, Platz, 1979; Hirrell et al., 1990).

В разных странах мира генофонд стародавних сортов (landraces) часто используют в качестве ценного источника генетической изменчивости признаков толерантности или устойчивости к болезням и вредителям. С целью выявления источников устойчивости к желтой пятнистости листьев нами были изучены образцы стародавних сортов озимой мягкой пшеницы (*Triticum aestivum* L.) из коллекции ВИР, относящиеся к 13 различным агроэкологическим группам по классификации Н.И. Вавилова (1964).

Для оценки устойчивости образцов на стадии проростков использовали тамбовскую популяцию патогена *P. tritici-repentis* 2021 г. и две северо-западные популяции 2010 и 2021 гг. Инокуляцию проростков проводили конидиальной суспензией, представленной смесью наиболее агрессивных изолятов каждой популяции. В 2010 г. оценивали 85 образцов, а в 2021 г. – из них повторно 67 образцов. Для идентификации аллельного состояния гена восприимчивости *Tsn1* к основному фактору патогенности *P. tritici-repentis* применяли маркер Xfcp623. ДНК выделяли из листьев растений с помощью СТАВ (Murray, Thompson, 1980).

При заражении всеми тремя популяциями патогена *P. tritici-repentis* устойчивость или среднюю устойчивость проявили 17 образцов, относящиеся к семи агроэкологическим группам. По четыре-пять таких образцов выявлено в группах степной озимой мягкой пшеницы (банатки), североевропейской лесной безостой пшеницы (сандомирки) и озимой горной мягкой кавказской пшеницы.

Известно, что взаимодействие продуктов, детерминируемых доминантной аллелью *Tsn1* и геном *ToxA* патогена *P. tritici-repentis*, приводит к реакции восприимчивости растения, проявляемой на листьях в виде некротических пятен, окруженных ореолом хлороза (Faris et al., 2013). У 46 образцов был обнаружен диагностический фрагмент размером 380 п. о., указывающий на наличие у них доминантных аллелей гена *Tsn1*, а у 39 такой фрагмент отсутствовал, что рассматривали как присутствие у них «нулевой» рецессивной аллели *tsn1*. Однако нами показано, что на реакцию образца в ответ

на заражение популяциями патогена не влияло аллельное состояние гена *Tsn1*. Так, среди образцов, проявивших реакцию устойчивости и средней устойчивости к патогену, у восьми диагностический фрагмент присутствовал, а у девяти – не обнаружен. Устойчивость образцов с доминантными аллелями *Tsn1*, можно объяснить либо наличием у них генов, супрессирующих узнавание токсина PtrToxA продуктом гена восприимчивости *Tsn1*, либо нарушением экспрессии самого гена *Tsn1*.

Работа выполняется в рамках государственного задания Министерства науки и высшего образования РФ по теме FGEM-2022-0009.

Список литературы

Вавилов Н.И. Мировые ресурсы сортов хлебных злаков, зерновых бобовых, льна и их использование в селекции. [Т. 2]. Пшеница. Москва ; Ленинград : Наука, 1964. 123 с.

Faris J.D., Liu Z., Xu S.S. Genetics of tan spot resistance in wheat // Theoretical and Applied Genetics. 2013. Vol. 126, No 9. P. 2197–2217. DOI: 10.1007/s00122-013-2157-y

Hirrell M.C., Spradley J.P., Mitchell J.K., Wilson E.W. First report of tan spot caused by *Drechslera tritici-repentis* on winter wheat in Arkansas // Plant Disease. 1990. Vol. 74, No 3. P. 252.

Murray H.G., Thompson W.F. Rapid isolation of high molecular weight DNA // Nucleic Acids Research. 1980. Vol. 8, iss. 19. P. 4321–4325. DOI: 10.1093/nar/8.19.4321

Rees R.G., Platz G.J. The occurrence and control of yellow spot of wheat in north-eastern Australia // Australian Journal of Experimental Agriculture and Animal Husbandry. 1979. Vol. 19, No 98. P. 69–372. DOI: 10.1071/EA9790369

СПЕЦИФИЧЕСКИЕ ФУНКЦИИ РАЦЕМАЗ И ОКСИДАЗ L- И D-АМИНОКИСЛОТ В РАСТЕНИЯХ, А ТАКЖЕ У МЛЕКОПИТАЮЩИХ ПРИ КАНЦЕРОГЕНЕЗЕ

Н.И. Рекославская, Т.В. Копытина

Сибирский институт физиологии и биохимии растений СО РАН (СИФИБР СО РАН),
Иркутск, Россия, e-mail: rekoslavskaya@sifibr.irk.ru

SPECIFIC FUNCTIONS OF RACEMASES AND L- AND D-AMINO ACID OXIDASES IN CARCINOGENESIS IN PLANTS AND MAMMALS

N.I. Rekoslavskaya, T.V. Kopytina

Siberian Institute of Plant Physiology and Biochemistry of SB RAS (SIPPB SB RAS), Irkutsk,
Russia, rekoslavskaya@sifibr.irk.ru

Образование непротеиногенных аминокислот хорошо известно у прокариот, у которых они выполняют разнообразные функции в том числе и защиты от протеолитических ферментов в составе пептидогликанового компонента оболочек бактерий. У растений нами были обнаружены рацемазы триптофана и, возможно, аланина, при прорастании томата и пшеницы, а также при завядании томата и ряда других культурных растений в составе N-малонил-D-триптофана, который, по всей вероятности, является запасной и защищенной связанной формой триптофана, используемого для синтеза индолилуксусной кислоты в проростках на ранних стадиях их развития. При изучении роста раковых клеток суспензии HeLa было обнаружено свидетельство присутствия рацемаз, которые обеспечивали состав оболочки клеток HeLa, устойчивый к протеазам. Внесение оксидазы L-аминокислот (рис. 1,5) или оксидазы D-аминокислот (рис. 1,6) приводило к разрушению раковых клеток HeLa, регистрируемое по окраске с трипановым синим. Это действие было сходным с активностью «раннего» белка ВПЧ16 E2 папилломавируса человека на клетки HeLa, являющегося суперсупрессором опухолевого роста (рис. 1,4). По-видимому, присутствие L- и D-аминокислот в составе оболочки клеток HeLa обусловлено действием рацемаз.

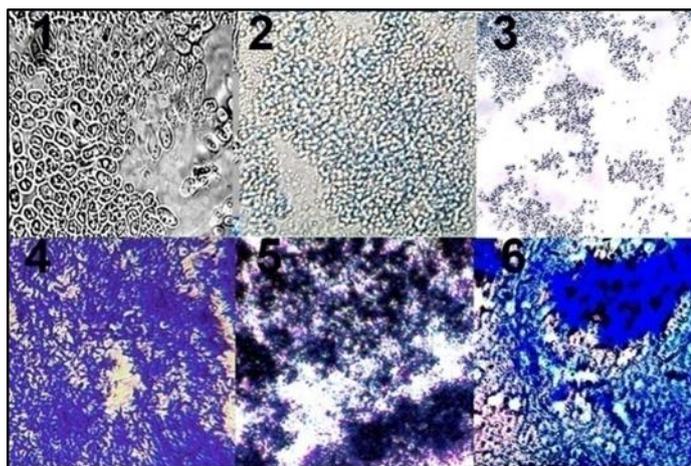


Рис. 1. 1 – Нативные клетки HeLa, 2 – нативные клетки HeLa, неокрашиваемые трипановым синим, 3 – нативные клетки HeLa, прижизненно окрашенные нитротетразолием синим, 4 – действие опухолевого суперсупрессора ВПЧ16 E2, окрашено трипановым синим, 5 – действие оксидазы L-аминокислот, окрашено трипановым синим, 6 – действие оксидазы D-аминокислот, окрашено трипановым синим. Световой микроскоп, $\times 400$

В качестве тестовой модели опухолеобразования, индуцированного раковыми клетками HeLa, были взяты изолированные легкие мыши, которые уже через сутки после инокуляции с клетками HeLa формируют опухоли по типу мелкоклеточной саркомы или образуют периферические круглые опухоли по поверхности эпителия легких мышей (рис. 2, слева).

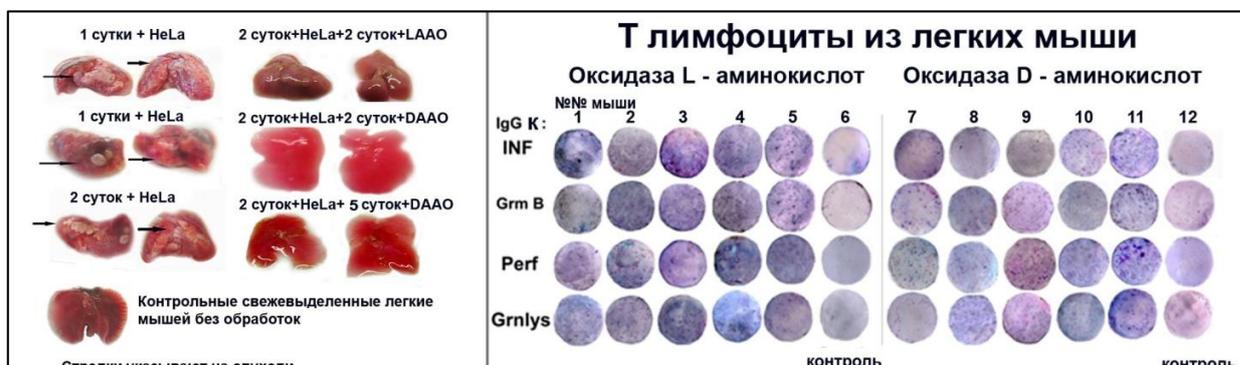


Рис. 2. Действие клеток HeLa и оксидазы L-аминокислот (LAAO) и оксидазы D-аминокислот (DAAO) на изолированные легкие мыши (слева). Элиспот анализ генерации Т-лимфоцитов из легких мыши при активации оксидазой L-аминокислот или оксидазой D-аминокислот, детектируемых с помощью антител на интерферон (INF) и ферменты апоптоза: гранзим В (GrmB), перфорин (Perf) и гранулизин (Grnlys) (справа). Вторичные антитела: IgG, конъюгированные с щелочной фосфатазой, субстрат BCIP/NBT

Изолированные легкие мышей инокулировали с раковыми клетками HeLa, через 1-2 суток наблюдали развитие опухолей. Затем в питательную среду DMEM вносили по 10 мг оксидазы L-аминокислот или оксидазы D-аминокислот и уже через 2-5 суток обнаруживали регрессию опухолей. Т-лимфоциты, генерированные при добавлении оксидаз L-аминокислот или D-аминокислот, продуцировали интерферон и ферменты апоптоза, которые, вероятно, и опосредовали регрессию опухолей. На микротомных срезах, окрашенных гематоксилином по Carazzi, опухоли, индуцированные HeLa, представляли обширные пространства мелких клеток с гиперхромно окрашенными ядрами (рис. 3;4) и никаких других структур не обнаруживалось. В легких после обработки оксидазой L-аминокислот регистрировались «полотна» паренхимных клеток с альвеолоцитами 1 и 2 порядков, а также наблюдалось развитие бронхиол (рис. 3;1,2 и 3), то есть структура легких нормализовалась после действия оксидазы L-аминокислот. По аналогии с другими литературными источниками можно полагать, что в легких присутствует рецептор, например, белок сурфактанта Spb на альвеолоцитах 2 порядка, воспринимающий патоген, например, HeLa, и понижающий иммунитет легких. Обработка оксидазой L-аминокислот или D-аминокислот нарушает рецептор, и клетки HeLa не инфицируют легкие. Поэтому можно предполагать участие рацемаз в рецепции патогенов в легких.

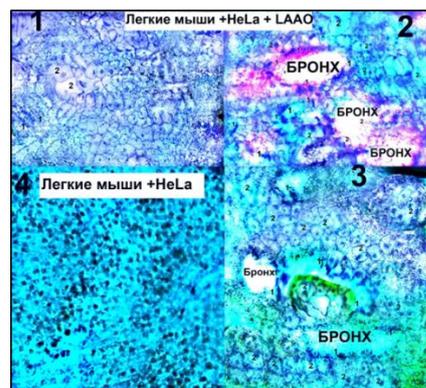


Рис. 3. Действие оксидазы L-аминокислот на опухолевые клетки легких мыши и зарождение нормальных структур легких (1,2 и 3). Исходные опухолевые клетки легких мыши, индуцированные клетками HeLa с гиперхромно окрашенными ядрами (4). Окрашено гематоксилином по Carazzi. Световой микроскоп, $\times 400$

АНАЛИЗ ЛОКУСОВ, АССОЦИИРОВАННЫХ С ПРИЗНАКАМИ ПРОДУКТИВНОСТИ СОРТОВ ЯЧМЕНЯ (*HORDEUM VULGARE*) ИЗ СИБИРСКОЙ КОЛЛЕКЦИИ

И.В. Розанова^{1,2}, Ю.Н. Григорьев², А.В. Игошин², Е.К. Хлесткина^{1,2}

¹Федеральный исследовательский центр Всероссийский институт генетических ресурсов растений имени Н.И. Вавилова, Санкт-Петербург, Россия, e-mail: i.rozanova@vir.nw.ru

²Федеральный исследовательский центр «Институт цитологии и генетики Сибирского отделения Российской Академии наук», Новосибирск, Россия

ANALYSIS OF LOCI ASSOCIATED WITH GRAIN PRODUCTIVITY TRAITS IN BARLEY (*HORDEUM VULGARE*) VARIETIES FROM THE SIBERIAN COLLECTION

I.V. Rozanova^{1,2}, Y.N. Grigoriev², A.V. Igoshin², E.K. Khlestkina^{1,2}

¹N.I. Vavilov All-Russian Institute of Plant Genetic Resources, St. Petersburg, Russia, e-mail: i.rozanova@vir.nw.ru

²Institute of Cytology and Genetics, Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences, Novosibirsk, Russia

Ячмень (*Hordeum vulgare* L.) – это одна из важнейших сельскохозяйственных культур, принадлежит к числу наиболее распространенных на земле. Локальные сорта, адаптированные к местным условиям, могут представлять собой ценный источник доноров, полезных для улучшения сельскохозяйственных культур в целом. Согласно данным 2021 г. (<http://www.fao.org/faostat/ru/>) площадь посевов ячменя в мире составляет 51 млн га, занимая, таким образом, пятое место после пшеницы, кукурузы, риса и сои. Изучение выборок, содержащих как двурядные, так и шестирядные формы позволит выявить новые доноры для селекционных программ. Важной задачей является получение максимально возможного урожая с высоким качеством зерна.

Для дальнейших селекционных работ многообещающей задачей может стать выявление локусов, ассоциированных с важными сельскохозяйственными признаками. Понимание процессов, происходящих в данных локусах, будет способствовать увеличению нашего знания о влиянии генов на исследуемый признак.

К числу признаков, которые могут влиять на продуктивность, относятся «длина колоса», «количество зерен», «масса тысячи зерен», «вес зерна с главного колоса». Эти признаки важны с экономической точки зрения, поскольку они являются основными факторами, определяющими урожайность ячменя.

В последние годы GWAS (genome-wide association study, полногеномный анализ ассоциаций) стал популярным методом поиска локусов количественных признаков у растений. Он представляет собой мощный инструмент для определения областей генома, связанных с сельскохозяйственными признаками. Также анализ GSEA (gene set enrichment analysis, анализ обогащения по функциональной принадлежности) позволяет анализировать данные по генам в обнаруженных локусах и учитывать их функциональные связи между собой. Целью настоящего исследования являлось выявить локусы, ассоциированные с признаками продуктивности колоса в коллекции сибирского ярового ячменя, и определить, какие гены являются доминирующими в данных локусах. С этой целью мы провели полногеномное ассоциативное исследование с использованием панели из 94 сортов ячменя. Всего было выявлено 64 SNP, значимо ассоциированных с признаками продуктивности, которые были валидированы на независимых выборках.

Было выявлено, что для признака «количество зерен» среди верифицированных локусов из 125 генов, обнаруженных в пределах 1 Мб ассоциированных с ним SNP, 7 генов значимы ($q < 0,05$) и вовлечены в двухкомпонентную регуляторную систему и 6 ($q < 0,05$) участвуют в посттрансляционной модификации путем присоединения либо одной

фосфатной группы, либо сложной молекулы, такой как 5'-фосфо-ДНК, через фосфатную группу.

Также для признака «вес зерна главного колоса» из 35 генов 7 были вовлечены в двухкомпонентную систему регуляции и 5 участвовали в посттрансляционной модификации. Все гены располагались на хромосоме 4Н.

ДЕТЕРМИНАЦИОННЫЙ ПОТЕНЦИАЛ ПРИЗНАКОВ ПРОДУКТИВНОСТИ СОРТОВ ХЛОПЧАТНИКА ПРИ ИЗУЧЕНИИ ИХ КАК СЕЛЕКЦИОННОГО МАТЕРИАЛА

А.Т. Садиков

Институт земледелия Таджикской академии сельскохозяйственных наук, Гиссар,
Республика Таджикистан, e-mail.ru: dat.tj@mail.ru

DETERMINATION POTENTIAL OF PRODUCTIVITY TRAITS IN COTTON VARIETIES STUDIED AS BREEDING MATERIAL

A.T. Sadikov

Institute of Farming of the Tajik Academy of Agricultural Sciences, Hissar,
Republic of Tajikistan, e-mail.ru: dat.tj@mail.ru

Детерминация означает приобретение развивающейся живой системой состояния готовности к реализации наследственных потенций и выбора определенного пути развития. Ранее в серии работ (Драгавцев и др., 2014; Драгавцев, Якушев, 2015) по сопряженной изменчивости числа генераций в год и комплекса хозяйственно ценных признаков у растений пшеницы была установлена связь между числом изменяющихся генераций с продуктивностью и устойчивостью к болезням и неблагоприятным условиям внешней среды.

Фенологический тип растений – это система фенологических признаков (фенодат и феноинтервалов), динамика которой есть способ ответа организма на изменяющиеся условия внешней среды (Драгавцев, 1984). На сложность вегетационного периода как генетически детерминированного признака и, следовательно, необходимость разделения его на элементы указывал еще Н.И. Вавилов (1967), отмечая, что при соответствующем подборе родителей можно, например, от скрещивания двух поздних форм получить формы ранние. Выявление элементов фенологического типа и является главной задачей анализа изменчивости этого конституционального признака в исходном материале. Выявить элементы системы и означает изучить ее структуру (Жученко, 1988).

Связь фенологического типа со всеми категориями характеристик растительного организма означает, что изучение фенологического разнообразия – эффективный путь оценки, использования и сохранения генетического потенциала природных и сортовых растительных популяций (Гончаренко, 2005). Исследование посвящено сравнительному изучению различных (старых и новых) сортов средневолокнистого хлопчатника по степени изменчивости, фенотипической стабильности признаков: количество полноценных коробочек, масса сырца одной коробочки и урожайность в различных условиях выращивания.

Для анализа исходным материалом послужили данные двух сравнительных испытаний 7 сортов и линий хлопчатника, проведенных на полях семеноводческого хозяйства «Авесто» Кабадиянского района Хатлонской области и на опытном участке хозяйства «Зироаткор» Института земледелия ТАСХН по методике Г.С. Зайцева (1980) в период 2019 по 2022 годы. Схема размещения растений в обеих зонах 60 × 20 × 1. Изучение новых перспективных (недавно районированных) сортов средневолокнистого хлопчатника проведено в сравнении со старыми, районированными сортами. Погодные условия в период вегетации за указанный период значительно различались по степени влияния на потенциал урожайности хлопчатника.

Масса хлопка-сырца одной коробочки по всем изученным нами генотипам в Кабадианском районе находилась в пределах 5,8–6,9 г. При этом линии Л-1, Л-2, Л-8 и сорт 'Кабадион-30' были определены как наиболее крупнокоробочные с большой массой сырца от 6,0 до 6,9 г, с отклонением в сторону превосходства от стандарта 'Зироаткор-64'

(5,0 г) на 1,0–1,9 г. При выращивании одних и тех же генотипов в Гиссарском регионе этот признак несколько снижается, варьируя в пределах 5,1–6,3 г. Наиболее крупнокоробочным среди изученных образцов были следующие: Л-1 (6,3 г), Л-2 (6,0 г) и сорта ‘Nazilli-84-S’ (6,1 г), ‘Кабацион-30’ (6,0 г).

У всех изученных образцов в Кабадианском районе количество полноценных коробочек варьировало в диапазоне 10,0–18,9 шт./растение, при большем их наборе выделились линии Л-1 (18,9 шт./растение), Л-2 (16,8 шт./растение) и сорт ‘Кабацион-30’ (17,2 шт./растение). У стандарта ‘Зироаткор-64’ этот признак составил 8,5 шт./растение. В Гиссарской области рассматриваемый показатель для всех изученных образцов колеблется от 8,0 до 16,7 шт./растение. Наибольшее количество полноценных коробочек имели следующие линии: Л-2 (16,7 шт./растение), Л-1 (14,0 шт./растение). В этих экологических условиях сорта: ‘Nazilli-84-S’ (15,7 шт./растение) и ‘Фаровон-1020’ (14,2 шт./растение) имеют относительно больше коробочек на растение.

В Кабадианском районе Хатлонской области Республики Таджикистан продуктивность одного куста по всем изученным генотипам колебалась от 66,0 до 118,1 граммов. По своим максимальным значениям выделились линии Л-1 (118,1 г/растение), Л-2 (102,3 г/растение) и сорт ‘Кабацион-30’ (109,5 г/растение). Превосходство по отношению к стандарту ‘Зироаткор-64’ (42,5 г/растение) достигает 75,6 г/растение.

В результате наших исследований продуктивности одного растения у разных генотипов средневолокнистого хлопчатника при возделывании в различных агроклиматических условиях Республики Таджикистан с целью отбора высокоурожайных формообразов – исходного селекционного материала – показано, что в условиях Гиссарского района у большинства генотипов хлопчатника продуктивность одного куста снижается. В данной экологической зоне максимальными значениями продуктивности выделились линии Л-2 (115,0 г/растение) и Л-1 (93,8 г/растение), показавшие значительное превосходство (57,8–79,0 г/растение) над стандартным сортом ‘Хисор’ (36,0 г/растение).

В ходе изучения сортов и линий средневолокнистого хлопчатника, согласно полученным данным, в формировании количества полноценных коробочек на одно растение при выращивании их в различных экологических зонах наблюдается различная изменчивость у всех изученных образцов, особенно в Кабадианском районе Хатлонской области Республики Таджикистан.

Список литературы

Вавилов Н.И. Научные основы селекции пшеницы // Избранные произведения : [в 2 томах]. Т. 2 / Н.И. Вавилов. Ленинград : Наука, Ленинградское отделение, 1967.

Гончаренко А.А. Об адаптивности и экологической устойчивости сортов зерновых культур // Вестник РАСХН. 2005. № 6. С. 49–53.

Драгавцев В.А., Джумаев К.У., Бободжанов В.А. Новый метод быстрой оценки адаптивности полигенов на примере генетических систем аттракции, адаптивности и микрораспределений пластических веществ // Методы и технологии в селекции растений. Киров, 2014. С. 25–30.

Драгавцев В.А., Литун П.П., Шкель И.М., Нечипоренко Н.Н. Модель эколого-генетического контроля количественных признаков растений // Докл. АН СССР. 1984. Т. 274, № 3. С. 720–723.

Драгавцев В.А., Якушев В.П. Инновационные технологии селекции растений на повышение продуктивности и урожая // Труды Кубанского государственного аграрного университета. 2015. Вып. 3 (54). С. 130–137.

Жученко А.А. Адаптивный потенциал культурных растений. Кишинев : Штиинца, 1988. 767 с.

Зайцев Г.С. Методические указания селекцентра по хлопчатнику. Ташкент, 1980. 24 с.

ИЗУЧЕНИЕ И ОТБОР ЦЕННЫХ КОЛЛЕКЦИОННЫХ СОРТОВ ХЛОПЧАТНИКА КАК ОСНОВНОЙ ФУНДАМЕНТ ДОСТИЖЕНИЯ СЕЛЕКЦИОННЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ

А.Т. Садиков

Институт земледелия Таджикской академии сельскохозяйственных наук, Гиссар,
Республика Таджикистан, e-mail.ru: dat.tj@mail.ru

THE STUDY AND SELECTION OF VALUABLE COTTON VARIETIES FROM THE COTTON COLLECTION AS THE MAIN FUNDAMENTAL ACHIEVEMENT OF BREEDING RESEARCH

A.T. Sadikov

Institute of Farming of the Tajik Academy of Agricultural Sciences, Hissar, Republic
of Tajikistan, e-mail.ru: dat.tj@mail.ru

Накопленный в нашей стране и за рубежом многолетний экспериментальный и производственный опыт показывает, что высокопродуктивные сорта, используемые при производстве высококачественной растениеводческой продукции, являются важным элементом технологии выращивания. С помощью непрекращающейся селекционной работы рост урожайности важнейших сельскохозяйственных культур за последние годы в современном сельскохозяйственном производстве обеспечен в пределах от 30 до 40% (Исканов, 2000).

В последнее время перспективное и востребованное направление селекционной работы, которая ведется, – это создание экологически пластичных новых перспективных сортов сельскохозяйственных культур в частности хлопчатника. Этот вид растений отличается способностью не снижать урожайность и качество продукции под воздействием стрессовых факторов окружающей среды (Сангинов, Козлова, 1980).

Для повышения урожайности и качественных показателей волокна в настоящее время целесообразно использовать в гибридизации образцы мировой коллекции и выводить сорта хлопчатника, конкурентоспособные на мировом рынке (Григорьев, Илларионова, 2015). Создание новых сортов хлопчатника основывается на подборе исходных родительских пар для гибридизации, а также направленного отбора лучших линий, гибридов и мутантов с проверкой их по потомству (Негматов, 2008).

В данной работе приведены результаты исследований по коллекционному питомнику последних шести лет (2016–2022 гг.). Цель исследований – оценка коллекционных сортообразцов хлопчатника и отбор новых родительских пар по комплексу хозяйственно ценных признаков и свойств для гибридизации в условиях Центрального Таджикистана.

Каждый год в отделе селекции и технологии средневолокнистого хлопчатника Института земледелия ТАСХН закладывали коллекционный питомник с сортообразцами, присланными из 20 стран мира. Посев материалов проводили на участках хозяйства «Зироаткор» по методике ВНИИСХ Г.С. Зайцева (1980). В период с 2016 по 2022 годы схема размещения растений – 60 × 20 × 1. Материалом исследований послужили семена различных линий и сортов, коллекционных образцов хлопчатника вида *Gossypium hirsutum* L., полученных отделом селекции из различных селекционных учреждений СНГ и зарубежных стран. За указанный период погодные условия в период вегетации растений значительно различались по степени влияния на потенциал урожайности хлопчатника.

Таким образом, с наилучшими показателями по комплексу хозяйственно ценных признаков, таких как скороспелость, высокая продуктивность, характеризующаяся высоким выходом волокна с хорошими технологическими свойствами при изучении коллекции, а также самым ранним сроком наступления фазы «цветение», по нашим наблюдениям выделились сорта:

К-5763 (США) – 69 дней, К-7473 (Сирия) – 70, К-08589 (США) – 71, ‘DP-4025’ (Турция) – 71, что на 2–6 дней раньше стандартного сорта ‘Зироткор-64’ (75 дней).

Межфазный период «всходы – созревание» по всем сортообразцам составил от 117 до 126 дней. Особо короткую продолжительность вегетационного периода имели сорта из США и Турции (к-5763, К-08589 и ‘DPL-5816’), их скороспелость варьирует от 117–119 дней с отклонением относительно стандарта ‘Хисор’ (126 дня) на 7–11 дней (рисунок).

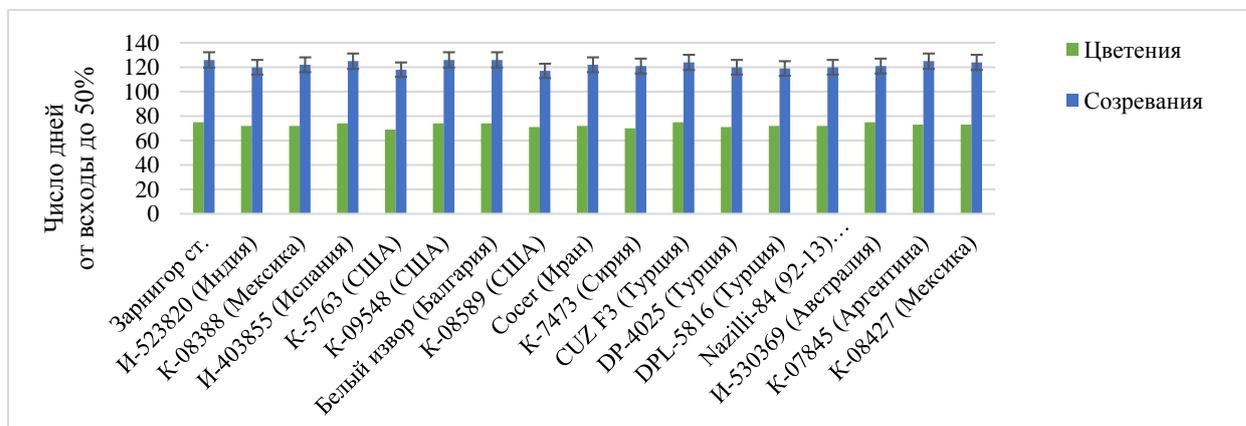


Рисунок. Продолжительность вегетационного периода по фазам развития сортообразцов средневолокнистого хлопчатника (в среднем за 2016–2022 гг.)

В структуре урожая одним из важнейших хозяйственно ценных признаков является масса хлопка-сырца одной коробочки, при определении которой необходимо помнить, что этот признак сильно варьирует с изменением внешних условий и ряда других факторов. Поэтому в разные годы масса хлопка-сырца одной коробочки у одного и того же сорта или гибрида может в какой-то степени изменяться.

У изученных сортообразцов средневолокнистого хлопчатника, согласно полученным данным, масса сырца одной коробочки по всем исследуемым коллекциям составила довольно широкий диапазон от 5,6 до 6,8 г. Наиболее крупнокоробочным оказались сорта: И-403855 (Испания) – 6,8 г, К-08427 (Мексика) – 6,7 г, К-7473 (Сирия) – 6,5 г. Максимальными массами (6,0–6,4 г) отличались 7 сортов коллекции из Аргентины, Ирана, США, Турции и Индии. Отклонение относительно стандарта ‘Хисор’ (5,6 г) по всем изученным образцам коллекции составило 0,1–1,2 г.

Продуктивность по всем изученным сортам коллекции средневолокнистого хлопчатника варьирует в диапазоне 71,1–120,4 г/растение. Среди них низким показателем продуктивности отличались сортообразцы из Австралии (71,1 г/растение), Турции (73,1; 74,7 г/растение) и Ирана (74,4 г/растение). Максимальная продуктивность хлопка-сырца в расчете на одно растение формируется у сортов ‘DP-4025’ (Турция) – 120,4 г/растение, К-09548 (США) – 113,5 г/растение и ‘CUZ F3’ (Турция) – 90,5 г/растение. Их превосходство относительно стандарта ‘Хисор’ (70,4 г/растение) составило 20,1–50,0 г/растение.

Следовательно, выведение сортов с высоким выходом волокна является важной задачей селекции и сложным признаком, который зависит от веса семян и веса волокна, а также от сортовой и видовой принадлежности. Выход волокна изменяется в зависимости от генотипа, почвенно-климатических и агротехнических условий. Амплитуда изменчивости выхода волокна может достигать 3–4% и более.

Список литературы

Григорьев С.В., Илларионова К.В. Результаты селекции хлопчатника на качество волокна и продуктивность в условиях минимализации оросительных норм юга РФ // Труды Кубанского государственного аграрного университета., 2015. Вып. 3 (54). С. 120–123.

Зайцев Г.С. Методические указания селекцентра по хлопчатнику. Ташкент, 1980. 24 с.

Иксанов М. К вопросу о результативности различных методов в селекции хлопчатника // Гуза генетикаси, селекцияси, уругчилиги ва бедачилик масалалари туплами. Ташкент, 2000. С. 52–55.

Негматов М.Н. Генетическая концепция клейстогамии и ее использование в селекции высокопродуктивных сортов хлопчатника. Худжанд : Худжандский научный центр АН РТ, 2008. 55 с.

Сангинов Б.С., Козлова И.В. Хлопководство // Сборник научных трудов Вахшского филиала НПО «Земледелие». Душанбе, 1980. Т. 12. С. 3–7.

ЯРОВАЯ РОЖЬ – ВАЖНЕЙШАЯ СТРАХОВАЯ КУЛЬТУРА БУРЯТИИ

А.К. Уланов

Бурятский научно-исследовательский институт сельского хозяйства, Улан-Удэ, Россия,
e-mail: burnish@inbox.ru

SPRING RYE AS THE MOST IMPORTANT INSURANCE CROP IN BURYATIA

A.K. Ulanov

Buryat Scientific Research Institute of Agriculture, Ulan-Ude, Russia, e-mail: burnish@inbox.ru

Массив и ареал распространения степей Бурятии охватывает чрезвычайно обширную часть северной окраины Центральной Азии, для которых огромные просторы играли и играют определяющую роль в развитии традиционного земледелия и животноводства в кочевом и оседлом проявлении. Производство растениеводческой продукции для основной отрасли сельского хозяйства республики – животноводства, здесь лимитируется ярко выраженным дефицитом атмосферного увлажнения, высокой амплитудой температурных значений и незначительным количеством осадков при очень слабом снежном покрове, влаго- и теплоизолирующая функция которого ограничена. Поэтому в регионе подбор культурных растений для производства как зерна, так и сочных, грубых и концентрированных кормов весьма ограничен. В этом ряду особо выделяется такая зерновая культура, как яровая рожь, которая в отличие от пшеницы, овса и ячменя в засушливых условиях лучше удается на легких почвах и превосходит их по урожайности на 5–7 ц/га. Кроме того, яровая рожь – отличный компонент для различного рода мешанок на кормовые цели, является важной культурой в системе зеленого конвейера и является неплохим сидератом.

Бурятским НИИСХ еще в далеком 1943 году выведен сорт яровой ржи Онохойская (авторы К.М. Крам, А.М. Останин) путем многократного семейного отбора из сорта яровой ржи 'Егерс' (Германия), естественно переопыленной с местной забайкальской ярицей. До 2022 года был единственным сортом яровой ржи на территории России, находящимся в Реестре селекционных достижений, допущенных к использованию. Зерно полуоткрытое и открытое, удлиненное, в цветковых чешуях держится относительно крепко, осыпается незначительно, серо-зеленое с примесью желтого, с мелкоморщинистой поверхностью. Масса 1000 зерен – 24–30 г. Стебель высокий, склонный к полеганию. Листья узкие, кустистость слабая. Сорт среднеспелый. Вегетационный период – 76–100 дней. Хорошо переносит весенние заморозки, майско-июньскую засуху. Устойчив к болезням и вредителям. Благодаря дружному и относительно быстрому росту в начальный период вегетации, растения легко подавляют сорняки. Урожайность достаточно высокая – до 39 ц/га.

Нами в условиях многолетнего стационара (год закладки – 1981) проведена агрономическая оценка севооборотов при следующем чередовании культур: 1) пар чистый – овес – овес – овес на зеленую массу; 2) пар чистый – рожь – овес – овес на зеленую массу; 3) пар чистый – пшеница – овес – овес на зеленую массу. В годы наших исследований наивысшую продуктивность среди зерновых культур, высеваемых по чистому пару, обеспечивала яровая рожь на всех фонах удобренности. В среднем за 1993–2008 годы урожай яровой ржи на неудобренном фоне составил 13,6 ц/га, что соответственно на 4,1 и 3,0 ц/га выше урожая овса и пшеницы. Урожай второй культуры севооборота овса также был значительно выше в севообороте с яровой рожью. Более высокая по сравнению с другими севооборотами урожайность овса по яровой ржи объяснялась наличием в урожае значительного количества «паданки» ржи, которая в иные годы достигает до 50% всего урожая. По выходу зерна и кормовых с единицы севооборотной площади бесспорно преимущество севооборотом с яровой рожью.

Энергетическая оценка севооборотов показала, что наиболее оптимальные показатели по производству растениеводческой продукции наблюдались в севообороте с яровой рожью. Здесь затрачивалось наименьшее количество энергии на возделывание культур севооборота – 14701 МДж. Выход валовой энергии составил 32 789 МДж/га, приращение валовой энергии – 18 079 МДж/га, энергетическая себестоимость 1 ц к.е.д. – 1022–1267 МДж, энергетический коэффициент – 1,23–1,71. Наихудшие показатели отмечены в овсяном севообороте, при промежуточном положении севооборота с пшеницей по чистому пару.

Оценка риска уменьшения урожайности сельскохозяйственных культур и потенциальные возможности повышения урожая в зависимости от погодных условий вегетационного периода показала, что указанные параметры главным образом определялись величиной средней многолетней урожайности культур севооборота. Среди первых культур севооборотов, высеваемых по чистому пару, наименьший риск снижения урожая в неблагоприятных условиях независимо от фона удобренности отмечался для яровой ржи – 67,3-67,9%, что еще раз подтвердило значение этой культуры в аридной земледелии Бурятии. Стабильность урожая яровой ржи по годам определяла ее и невысокую величину потенциального роста в благоприятные годы – 69,1% как относительно урожая яровой пшеницы – 97,4% так и овса – 130,7%.

В условиях рынка за производственные факторы различные культуры или технологии конкурируют между собой. При этом конкурентоспособность или относительное преимущество можно определять не только путем прямого сравнения ВППИ (вклад в покрытие постоянных издержек), но и на основе определения равновесной урожайности (РУ). По уровню РУ определяют насколько надо повысить урожай сравниваемой культуры, чтобы она могла конкурировать с основной возделываемой в зоне культурой, в нашем случае с яровой пшеницей. Среди зерновых культур, высеваемых по чистому пару, лучший ВППИ отмечен на яровой ржи, который составил 10 672 руб./га, что выше яровой пшеницы на 13,0%. По уровню равновесной урожайности в плане конкурентоспособности яровой пшенице выделялась яровая рожь, где РУ оказалась меньше среднемноголетней на 1,2 ц/га.

Таким образом, сравнительный анализ зернопаровых севооборотов с чистыми парами и двумя зерновыми полями в условиях Республики

Бурятия показал преимущество севооборота с яровой рожью по всем рассматриваемым агроэкономическим показателям. Это позволяет рекомендовать яровую рожь не только как страховую культуру в структуре посевов зерновых культур республики, но и рассматривать как гарант стабильности развития аграрного производства СФО и ДФО Российской Федерации.

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ПОТЕНЦИАЛА ГЕНЕТИЧЕСКИХ РЕСУРСОВ ЯРОВОЙ ПШЕНИЦЫ В СЕЛЕКЦИИ НА АДАПТИВНОСТЬ, ЗАСУХОУСТОЙЧИВОСТЬ, КАЧЕСТВО ЗЕРНА ДЛЯ УСЛОВИЙ ЗАПАДНОГО КАЗАХСТАНА

**В.И. Цыганков¹, А.В. Цыганков¹, Ж.Т. Калыбекова², Т.С. Шанинов¹,
Н.В. Цыганкова³**

¹ТОО «Актюбинская сельскохозяйственная опытная станция», Актюбе, Казахстан,
e-mail: zigan60@mail.ru

²Баишев Университет, Актюбе, Казахстан

³Федеральный исследовательский центр «Немчиновка», Инновационный центр Сколково,
Московская область, Россия

THE USE OF THE POTENTIAL OF SPRING WHEAT GENETIC RESOURCES IN BREEDING FOR ADAPTABILITY, DROUGHT RESISTANCE, AND GRAIN QUALITY FOR THE CONDITIONS OF WESTERN KAZAKHSTAN

V.I. Tsygankov¹, A.V. Tsygankov¹, Zh.T. Kalybekova², T.S. Shaninov¹, N.V. Tsygankova³

¹Aktobe Agricultural Experimental Station LLP, Aktobe, Kazakhstan, e-mail: zigan60@mail.ru

²Baishev University, Aktobe, Kazakhstan

³Federal Research Center “Nemchinovka”, Skolkovo Innovation Center, Moscow region, Russia

Процессы глобального потепления оказывают заметное влияние климатические трендовые изменения сухостепной зоны Западного Казахстана. Если в среднем по земному шару во второй половине 20 века климат потеплел на 0,6°C, то в условиях сухостепной зоны Западного Казахстана – на 1,5–2,5°C. Интересы обеспечения продовольственной безопасности Республики Казахстан требуют разработки комплекса эффективных мер, направленных на эффективное развитие аграрного сектора. Расчеты показывают, что в западном регионе можно производить семенное и товарное зерно примерно на 14-15% от всего зернового клина страны.

Поэтому создание экологически приспособленных сортов яровой пшеницы местной селекции является актуальной задачей для Западного Казахстана как региона стабильного получения высококачественного зерна. При этом в основе селекционного улучшения стратегической для РК культуры – пшеницы – лежит исходное генетическое разнообразие и методы генетической реконструкции улучшаемых полезных признаков.

Ежегодно в рабочих коллекциях АСХОС проходят комплексную оценку от 200 до 300 образцов мягкой и твердой пшеницы из 50–60 стран всех континентов планеты. Периодическое пополнение генресурсов осуществляется за счет дву- и многосторонних творческих связей с НИУ РК, странами ближнего и дальнего зарубежья, генбанками Всероссийского института генетических ресурсов растений им. Н.И. Вавилова, CIMMYT, ICARDA.

За годы исследований (2017–2022) первичный исходный материал яровой пшеницы различными методами оценивался на жаростойкость, засухоустойчивость, адаптивность, скороспелость, качество зерна. Выделенные по комплексу хозяйственно ценных признаков и свойств образцы, линии, сорта включались в дальнейший селекционных процесс.

Так, за годы исследований выделены скороспелые формы (67–75 сут.): мягкая пшеница – Актюбе 39. Альб. (АСХОС), к-14644 грекум, Узбекистан; к-17172 Саламуш грекум. Сирия; к-2817 Блансар, эритр., Саратовская обл. РФ; к-28130 Смена эритр., Омская обл. РФ; к-32842 Турцикум 2447, к-38531 Альбидум 43, к-43285 Саратовская 35 велютинум, Саратовская 28, лют., Саратовская 29 лют. (все – Саратовская обл. РФ); Силантий, лют. (ОмГАУ, РФ); Оренбургская 22, 23, Оренбургская юбилейная (все – Оренбургская обл. РФ); к-45185 Fury ферругинеум, Кения; к-45401 181-5 грек., Канада; к-4536 MP-876 псевдомеридионале, Индия; Степная 50, Степная 53, Степная 75 (все – АСХОС, РК)

и другие; твердая пшеница: Каргала 9, Каргала 71. Тимирязевская степная (все – АСХОС), к-63776 Безенчукская 200, горд., РФ; к-64967 Оренбургская 21, горд., Гордея, горд., Целинница, мел., Меляна, горд. (все – Оренбургская обл., РФ); Безенчукская 139 горд., Самарская обл. РФ; Линия 1693 д-71, леукурум. Самарская обл. РФ; Елизаветинская леукурум, Самарская обл. РФ; к-65743 Безенчукская золотистая. Самарская обл. РФ; к-54534 Актюбинская 74, леук., Казахстан и другие.

Полевая фенотипическая оценка сортифта коллекционных питомников яровой мягкой и твердой пшеницы колебалась от 2,5–3,0 до 4,0–4,7 баллов. Как показал структурный анализ, высота растений у образцов мягкой пшеницы за годы исследований колебалась от 40–45 до 75–80 см; продуктивная кустистость – от 1,2–1,3 до 3,0–3,5 стебл./раст.; длина главного колоса – от 6 до 9–10 см; число колосков в главном колосе – от 12–13 до 17 шт. Аналогичные показатели по образцам твердой пшеницы составили соответственно: от 45–50 до 90–95 см; от 1,0–1,2 до 3,0–3,2 стебл./раст.; 6–9 см; 11–17 шт. За время наблюдений среди сортифта коллекций на естественном фоне не было отмечено проявления поражения видами головни и ржавчины.

Биологическая урожайность коллекционных образцов мягкой пшеницы колебалась в пределах от 80–100 г/м² до 200–270 г/м² у лучших форм (при максимальных показателях 320–350 г/м²) и при среднем уровне стандарта Актюбе 39 в 120–260 г/м²; образцов яровой твердой пшеницы – от 70–90 до 250–350 г/м² (при максимальных показателях 400–430 г/м²) и уровне стандартов Каргала 9 и Каргала 69 – 100–290 г/м² и 130–320 г/м² соответственно.

Устойчивость генотипа к стрессовым факторам должна сочетаться с высокой урожайностью в благоприятных условиях. В 2017–2019 гг. для комплексной оценки засухоустойчивости сортифта мягкой пшеницы использовались 5 различных индексов, в различной степени сочетающих вклад в оценку сорта факторов урожайности и засухоустойчивости. Эти индексы основаны на сравнении урожайности в благоприятных и стрессовых условиях. Таким образом, индексы характеризуют разные аспекты засухоустойчивости конкретного генотипа. По итогам исследований выделены 20 сортообразцов с лучшими суммарными баллами, в том числе 11 образцов казахстанской селекции, из которых 6 оказались местным селекционным материалом (сорта Актюбинской СХОС – Актюбе 39, Актюбинка, Степная 1413, Степная 50, Актюбе 91, Степная 53). Сорта, выделенные по совокупности признаков по индексам засухоустойчивости, перспективны в плане их повышенной адаптивности к комплексу местных стресс-факторов.

В настоящее время в состав Госреестров селекционных достижений РК и РФ включены 6 сортов мягкой и 7 сортов твердой пшеницы селекции Актюбинской СХОС, в т. ч. 5 – совместной селекции с НИУ РК, РФ, СИММУТ. При этом 5 сортов яровой пшеницы создано за последние 6 лет с ареалом их допуска по 6 регионам РК. Наличие такой линейки сортов яровой пшеницы, различающихся по биологическим и морфологическим признакам, качественным показателям, степени устойчивости к комплексу местных биотических и абиотических стрессов, служит надежной гарантией успешного противостояния стрессовым погодным условиям сухостепных зон Казахстана.

Работа выполнена в рамках Программно-целевого финансирования МСХ РК по бюджетной программе 267, BR10765056 «Создание высокопродуктивных сортов и гибридов зерновых культур на основе достижений биотехнологии, генетики, физиологии, биохимии растений для устойчивого их производства в различных почвенно-климатических зонах Казахстана».

**ДИПЛОИДНЫЕ ВИДЫ *AEGILOPS CAUDATA* И *AEGILOPS UMBELLULATA* ZHUK.
КАК ГЕНЕТИЧЕСКИЙ ПОТЕНЦИАЛ ДЛЯ РАСШИРЕНИЯ ГЕНОФОНДА
РОДА *TRITICUM* L.**

Н.Н. Чикида, Ю.В. Иванова, М.Х. Белоусова

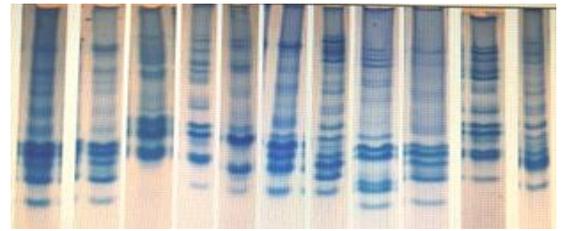
Федеральный исследовательский центр Всероссийский институт генетических ресурсов растений имени Н.И. Вавилова, Санкт-Петербург, Россия, e-mail: n.chikida@vir.nw.ru

**GENETIC POTENTIAL OF DIPLOID SPECIES *AEGILOPS CAUDATA* AND
AEGILOPS UMBELLULATA ZHUK. FOR EXPANDING THE GENE POOL
OF THE GENUS *TRITICUM* L.**

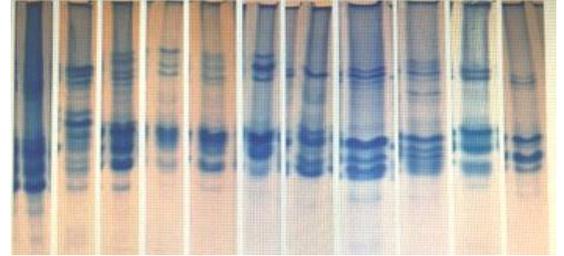
N.N. Chikida, Y.V. Ivanova, M.H. Belousova

N.I. Vavilov All-Russian Institute of Plant Genetic Resources, St. Petersburg, Russia,
e-mail: n.chikida@vir.nw.ru

Род *Aegilops* L. представлен 27 видами различного уровня ploидности ($2n = 14, 28, 42$) и различными диплоидными геномами (S, G, B, M, T, U, C, D, N), сочетания которых образовали тетра и гексаплоидные виды, кроме того, геномы S, G, B, D вошли в геномы основной продовольственной крупяной и хлебной пшеницы. А пять геномов M, T, U, C, N остаются в резерве и еще не нашли широкого применения в селекционных программах по расширению генофонда рода *Triticum* L. В своей работе мы проанализировали многолетние данные (с 1961 по 2021 годы) по изучению видов *Aegilops caudata* L. и *Ae. umbellulata* Zhuk. как представителей геномов, не входящих в геномы пшениц, но представляющие значительный интерес для интрогрессивной селекции пшеницы на устойчивость к болезням и другим хозяйственно ценным признакам. *Ae. caudata* (syn. *Ae. markgrafii* (Greuter) Hammer) – однолетний диплоидный вид ($2n = 14$, геном CC), встречающийся в основном в Эгейском регионе и в западной части Турции, реже и более спорадически во Внутренней Турции и через Плодородный полумесяц. *Ae. caudata* может образовывать густые заросли, часто вместе с другими видами *Aegilops*. *Ae. umbellulata* – однолетний диплоидный вид ($2n = 14$, геном UU), Вид этот строго эндемичен для Малой Азии; произрастает в Северной Сирии, Виды *Ae. caudata* и *Ae. umbellulata* обладают устойчивостью к полосатой ржавчине пшеницы (*Puccinia striiformis* Westend), листовой ржавчине (*P. recondita* Roberge ex Desmaz. f. sp. *tritici*), стеблевой ржавчине (*Puccinia graminis* f. sp. *tritici* Eriks. et P. Henn.), мучнистой росе (*Blumeria graminis* f. sp. *tritici*), желтой карликовости ячменя, тифулезу (*Typhula ishikariensis* S. Imai), к клопу вредная зеленая черепашка [*Schizaphis graminum* (Rondani)] и гессенской мухе [*Mayetiola destructor* (Say)]. Более того, некоторые образцы *Ae. caudata* обладают морозоустойчивостью, устойчивостью к засолению и могут быть использованы для обогащения генофонда видов рода *Triticum* железом и цинком. А некоторые образцы *Ae. umbellulata*, кроме перечисленных агрономических признаков по показателям качества, могут увеличить у пшеницы содержание белка и сырой клейковины. В наших исследованиях при оценке хлебопекарных качеств (по методике микровыпечки ВИР) отдельные образцы этого вида показали высокий выход мини-хлебцев. Введение хромосом *Ae. caudata* и *Ae. umbellulata* в геном пшеницы может снизить высоту растений, так как, по нашим данным (неопубликованные данные Чикида Н.Н., Колесова М.А., отчет БРК 2023 года), имеют новые гены короткостебельности. Таким образом, *Ae. caudata* и *Ae. umbellulata* являются отличными источниками генов для улучшения пшеницы. При этом внутривидовое ботаническое разнообразие этих видов предполагает незначительный генетический полиморфизм, как это видно на спектрах маркирующих запасных белков глиаина (рисунок), что позволяет сократить объемы образцов, взятых в изучение современными селекционно-генетическими технологиями.



Aegilops umbellulata Zhuk.



Aegilops caudata L.

Рисунок. Ботаническое внутривидовое разнообразие и спектр запасных белков глиадина видов *Aegilops umbellulata* Zhuk. и *Aegilops caudata* L.

ИДЕНТИФИКАЦИЯ МОЛЕКУЛЯРНЫХ МАРКЕРОВ, АССОЦИИРОВАННЫХ С ГЕНОМ-ВОССТАНОВИТЕЛЕМ ЦМС ТИПА 9Е СОРГО (*SORGHUM BICOLOR* (L.) MOENCH), И ИХ ИЗМЕНЧИВОСТЬ ПОД ВЛИЯНИЕМ ВНЕШНЕЙ СРЕДЫ

Л.А. Эльконин, А.В. Владимирова, С.Х. Сарсенова, В.М. Панин
Федеральный аграрный научный центр Юго-Востока, Саратов, Россия,
e-mail: lelkonin@gmail.com

IDENTIFICATION OF MOLECULAR MARKERS ASSOCIATED WITH FERTILITY RESTORING GENES FOR 9E-TYPE CMS OF SORGHUM (*SORGHUM BICOLOR* (L.) MOENCH), AND THEIR VARIATION UNDER THE ENVIRONMENTAL INFLUENCE

L.A. Elkonin, A.V. Vladimirova, S.Kh. Sarsenova, V.M. Panin
Federal Center of Agriculture Research of the South-East Region, Saratov, Russia,
e-mail: lelkonin@gmail.com

Выявление закономерностей генетического контроля разных типов цитоплазматической мужской стерильности (ЦМС) – необходимое условие использования ЦМС в селекции гетерозисных гибридов и в исследованиях взаимодействия ядерного и митохондриального геномов. Сорго (*Sorghum bicolor* (L.) Moench) отличается большим разнообразием источников генетически различных типов ЦМС, восстановление фертильности в которых контролируется разными генами-восстановителями фертильности (*Rf*). ЦМС типа 9Е сорго относится к числу типов мужской стерильности, у которых восстановление фертильности регулируется, наряду с генотипом, условиями внешней среды, а именно влагообеспеченностью растений и влажностью воздуха накануне и в период цветения (Elkonin et al., 2015). Для исследования закономерностей генетического контроля и понимания механизмов эпигенетических процессов, регулирующих восстановление фертильности в ЦМС 9Е, важной задачей является идентификация ядерных генов-восстановителей, *Rf-9E*, специфичных для данного типа ЦМС.

Для решения этой задачи нами проведена работа по выявлению молекулярных маркеров, ассоциированных с генами *Rf-9E*, у растений популяции BC₁ [9Е Пищевое 614 (*rf-9E/rf-9E*) × 84/19 (*Rf-9E/Rf-9E*)] × Пищевое 614 (*rf-9E/rf-9E*). Всего в работе было испытано 55 SSR-маркеров, картирующих все 10 хромосом генома сорго. Обнаружено, что SSR-маркеры, локализованные на 2 хромосоме генома сорго, вблизи центромеры, sam60498 (23911554 ... 23913675 пн) и sam37585 (33055782 ... 33056867 пн) (Li et al., 2009), демонстрируют значимую ассоциацию с восстановлением мужской фертильности. Анализ *in silico* референсного генома сорго *S. bicolor* (BTx623) на сайте phytozome.jgi.doe.gov показал, что вблизи данной области, включающей более 9 млн пн, присутствуют два PPR-гена: 002G142700.1 и 002G144300.1: на позициях 23465796 ... 23468350 и 23810047 ... 23812824, соответственно. Учитывая, что подавляющее большинство клонированных генов *Rf* у разных видов растений, включая сорго, содержат последовательности PPR-генов, то выявленные нами SSR-маркеры действительно могут являться молекулярными маркерами гена *Rf-9E*.

Анализ популяции F₂ (9Е Пищевое 614 × 84/19) с использованием маркера sam60498 подтвердил его тесное сцепление с признаком «восстановление мужской фертильности»: у стерильных и полустерильных растений четко выявлялся ампликон размером ≈182 пн, характерный для материнской ЦМС-линии и ее аналога – закрепителя стерильности, тогда как у фертильных растений присутствовал ампликон ≈217 пн, характерный для отцовской линии-восстановителя фертильности, а вместо фрагмента ≈182 пн наблюдалось либо размытое пятно (в большинстве случаев), либо амплифицировались оба фрагмента.

Из 49 растений с уровнем фертильности выше 50% ампликон 217 пн присутствовал у 47, тогда как из 13 стерильных и полустерильных растений ампликон 182 пн наблюдался у 12 ($F=35.22^{***}$; доля рекомбинантов 4,8%). Эти данные указывают на сцепление выявленного SSR-маркера, sam60498, с геном-восстановителем ЦМС 9E, при этом стерильные растения являются гомозиготами, амплифицирующими только фрагмент 182 пн, тогда как растения с восстановленной фертильностью, по-видимому, являются гетерозиготами, амплифицирующими фрагменты 217 пн и 182 пн.

Примечательно, в самоопыленном потомстве фертильного побега, развившегося в условиях теплицы у стерильного растения из популяции BC₁ [(9E Пищевое 614 × 84/19) × Пищевое 614], у которого наблюдалась амплификация только фрагмента 182 пн, присутствовали фертильные растения, у которых наблюдалась амплификация фрагмента 217 пн (рисунок). По-видимому, под влиянием внешней среды (высокой влажности в условиях теплицы) в данном локусе хромосомы имела место мутация [182 пн → 217 пн], которая затронула не только SSR-маркер sam60498 (повторяющийся мотив (ta)₂₈), но и последовательность сцепленного с ним гена-восстановителя фертильности. Аналогичным образом в потомстве полустерильного растения из той же популяции BC₁, у которого наблюдалась амплификация только фрагмента 182 пн, также присутствовали фертильные растения, у которых наблюдалась амплификация фрагмента 217 пн.

Таким образом, нами впервые выявлен молекулярный маркер, сцепленный с геном-восстановителем ЦМС типа 9E у сорго; установлена хромосомная локализация этого гена; показано, что реверсия к фертильности под влиянием внешней среды, характерная для гибридных растений с ЦМС 9E, регулярным образом сопровождается изменениями на уровне ДНК.

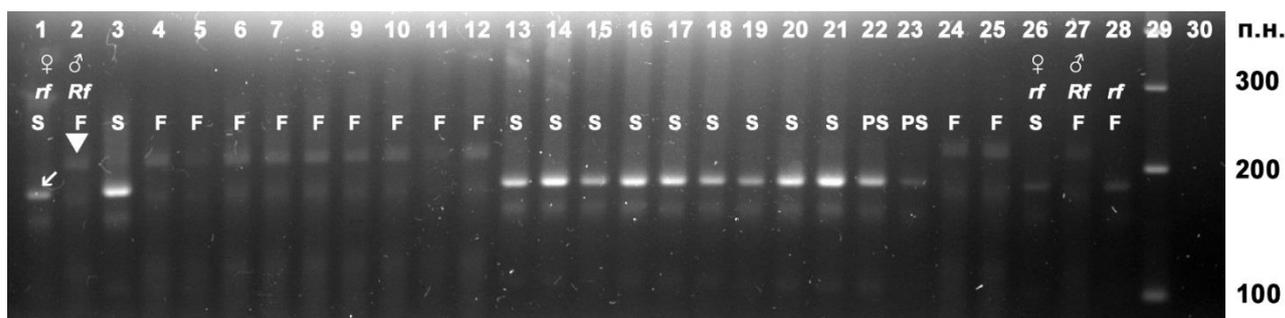


Рисунок. Электрофореграмма результата амплификации SSR-маркера sam60498 у потомства фертильных растений и фертильных ревертантов из популяции BC₁ [(9E Пищевое 614 × 84/19) × Пищевое 614]. 1, 26 (♀) – ЦМС-линия 9E Пищевое 614 (*rf-9E/rf-9E*); 2, 27 (♂) – линия-восстановитель фертильности 84/19 (*Rf-9E/Rf-9E*); 3 – стерильное растение из популяции BC₁, донор фертильного ревертантного побега; 9-20, 22, 23 – потомство этого побега; 4 – фертильное растение из популяции BC₁ и его потомство (5-8); 21, 24, 25 – потомство полустерильного растения из популяции BC₁, у которого амплифицировался только маркер 182 пн; 28 – Пищевое 614, закрепитель стерильности (*rf-9E/rf-9E*); 29 – маркеры ДНК. s – стерильные, ps – полустерильные, f – фертильные растения. Белой стрелкой отмечен ампликон, специфичный для растений с мужской стерильностью; белым треугольником – ампликон, специфичный для фертильных растений

Список литературы

Elkonin L.A., Gerashchenkov G.A., Domanina I.V., Rozhnova N.A. Inheritance of reversions to male fertility in male-sterile sorghum hybrids with 9E male-sterile cytoplasm induced by environmental conditions // Russian Journal of Genetics. 2015. Vol. 51, No 3. P. 251–261. DOI: 10.1134/S1022795415030035

Li M., Yuyama N., Luo L., Hirata M., Cai H. *In silico* mapping of 1758 new SSR markers developed from public genomic sequences for sorghum // Molecular Breeding. 2009. Vol. 24. P. 41–47. DOI: 10.1007/s11032-009-9270-2



ПОСТЕРНАЯ СЕССИЯ СЕКЦИЯ 3

POSTER SESSION SECTION 3

в рамках соглашения
№ 075-15-2021-1050
(от 28.09.2021)



ИСПОЛЬЗОВАНИЕ SSR- И SRAP-МАРКЕРОВ ДЛЯ ОЦЕНКИ ГЕНЕТИЧЕСКИХ ВАРИАЦИЙ В КОЛЛЕКЦИИ ОБРАЗЦОВ ВИКИ ПОСЕВНОЙ И МОХНАТОЙ

А.А. Антонов, И.А. Клименко

Федеральный научный центр кормопроизводства и агроэкологии имени В.Р. Вильямса, Лобня, Россия, e-mail: antonov4B@yandex.ru

THE USE OF SSR AND SPAR MARKERS FOR EVALUATING GENETIC VARIABILITY IN COMMON VETCH AND HAIRY VETCH ACCESSIONS

A.A. Antonov, I.A. Klimenko

Federal Williams Research Center of Forage Production & Agroecology, Lobnya, Russia, e-mail: antonov4B@yandex.ru

Изучение генетического разнообразия сельскохозяйственных культур имеет большое значение для решения многих практических задач в селекции и семеноводстве, для поддержания и сохранения коллекций генетических ресурсов.

Цель данной работы состояла в изучении ДНК-полиморфизма вики на основе SSR- и SRAP-анализа и выявлении эффективных маркеров для дифференциации сортов и видов.

Материалом для исследований служили 20 сортов и селекционных образцов вики посевной (*Vicia sativa* L.) и мохнатой (*Vicia villosa* Roth.), семена которых получены из ЦКП «Биологические коллекции кормовых растений» – ФНЦ «ВИК им. В.Р. Вильямса» и «Коллекции генетических ресурсов растений» – Всероссийский институт генетических ресурсов растений им. Н.И. Вавилова (рисунок).

Генетический полиморфизм между сортами и видами изучали с использованием 10 SSR- и 25 SRAP-маркеров на основе ПЦР-технологии. Синтез праймеров к маркерам осуществлен в соответствии с информацией о нуклеотидных последовательностях, приведенной в работах Chung et al. (2013) и Rhouma et al. (2017). Геномную ДНК выделяли модифицированным SDS-методом из «балк-образцов») 30 семидневных проростков от каждого сорта (Клименко и др., 2020). Условия ПЦР соответствовали предложенным в работах Chung et al. (2013) и Aneja et al. (2013). Для статистической обработки результатов использовали ПО «ImageLab», «PopGene» (Yeh et al., 1997).

По результатам SSR-анализа выделены 4 маркера (40% от общего числа), обеспечивающие воспроизводимые ампликоны со всеми исследуемыми образцами. С праймерами к этим маркерам получено 80 продуктов ПЦР размером от 204 до 236 пн. Однако выраженного полиморфизма между изучаемыми видами и сортами вики с данным количеством SSR-маркеров не удалось обнаружить.

С использованием 5 (20%) информативных SRAP-маркеров получили 290 ПЦР-продуктов размером от 109 до 1742 пн, из них 7 – полиморфных. Средний уровень полиморфизма составил 20%. Показатели межсортовой генетической изменчивости представлены в таблице.

В целом система SRAP-маркеров оказалась достаточно эффективной для изучения полиморфизма ДНК в анализируемой коллекции. Об этом свидетельствуют значения PIC, которые варьировали от 0,69 (F13-R7 и F10-R7) до 0,88 (F9-R8), в среднем – 0,79. С помощью комбинации праймеров F9-R8 выявлены уникальные фрагменты ДНК для сорта 'Цивилиянка' (717 пн) и селекционного образца № 3 происхождением из Башкортостана (447 пн). Комбинации F9-R9, F10-R7, F10-R14, F13-R7 можно использовать для различения сортов 'Луговская 98' (809 пн), 'Юбилейная 110' (349 пн), 'Калининградская 6' (545 пн) и 'Спутница' (551 пн соответственно).

Таблица. Показатели генетической изменчивости образцов вики по результатам SRAP-анализа

№	Праймерная пара	N_e	H_e	I	PIC
1	F9-R8	1,54	0,33	0,50	0,88
2	F9-R9	1,43	0,27	0,42	0,81
3	F10-R7	1,45	0,28	0,44	0,69
4	F10-R14	1,58	0,35	0,53	0,87
5	F13-R7	1,35	0,25	0,40	0,69
-	Общее	-	-	-	-
-	Среднее	1,470	0,296	0,458	0,79

Примечание: N_e , I – индексы Нея и Шеннона, H_e – ожидаемая гетерозиготность, PIC – показатель информативности праймеров

Кластеризация изучаемых образцов методом главных координат (PCoA) сгруппировала их в соответствии с видовой принадлежностью (рисунок).

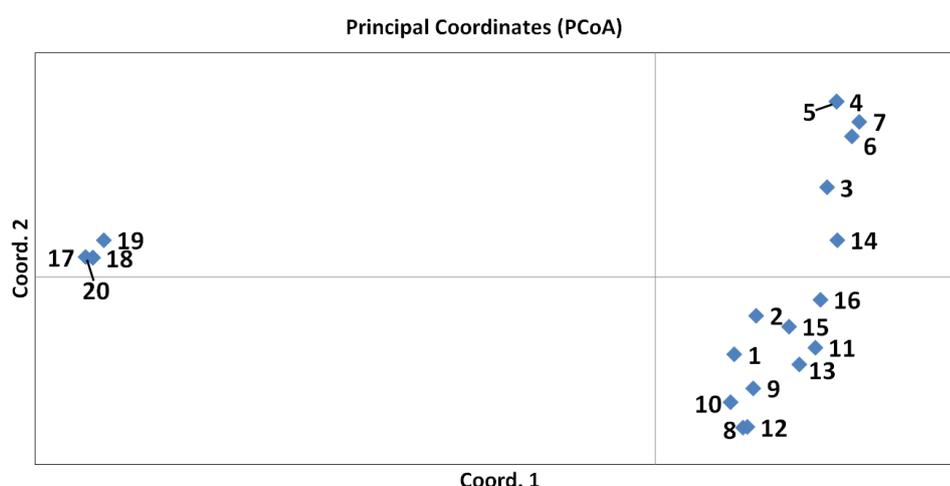


Рисунок. PCoA-анализ результатов генотипирования образцов вики с использованием SRAP-маркеров. Сорта: 1 – Непоседа, 2 – Вера, 3 – Валентина, 4 – обр. № 1 «Скороспелка», 5 – Луговская 15, 6 – Луговская 24, 7 – Луговская 98, 8 – Спутница, 9 – Узуновская 8, 10 – Узуновская 15, 11 – Узуновская 91, 12 – обр. № 2 (Московская обл.), 13 – обр. №3 (Респ. Башкортостан), 14 – Орловская 91, 15 – Юбилейная 110, 16 – Цивилиянка, 17 – Калининградская 6, 18 – Сиверская 2, 19 – Луговская 2, 20 – Нежностебельная

Проведенные исследования показали, что мультилокусные SRAP-маркеры более эффективны для оценки генетического полиморфизма в коллекции образцов вики в сравнении с микросателлитами (SSRs). Определены информативные комбинации праймеров для выявления различий на межвидовом уровне и для дифференциации образцов внутри вида. Полученная информация может быть использована в селекционных программах для идентификации образцов и установления филогенетических взаимосвязей между генотипами и сортами.

Список литературы

Клименко И.А., Козлов Н.Н., Костенко С.И., Шамустакимова А.О., Мавлютов Ю.М. Идентификация и паспортизация сортов кормовых трав (клевера лугового, люцерны изменчивой, посевной и хмелевидной) на основе ДНК-маркеров. Москва : Угреша Т, 2020. 35 с. DOI: 10.33814/978-5-6043194-9-9

Aneja B., Yadav N.R., Yadav R.C., Kumaret R. Sequence related amplified polymorphism (SRAP) analysis for genetic diversity and micronutrient content among gene pools in mungbean

[*Vigna radiata* (L.) Wilczek] // Physiology and molecular biology of plants. 2013. Vol. 19, No 3. P. 399–407. DOI: 10.1007/s12298-013-0177-3

Chung J.W., Kim T.S., Suresh S., Lee S.Y., Cho G.T. Development of 65 novel polymorphic cDNA-SSR markers in common vetch (*Vicia sativa* subsp. *sativa*) using next generation sequencing // *Molecules*. 2013. Vol. 18, No 7. P. 8376–8392. 10.3390/molecules18078376

Rhouma H.B., Taski-Ajdukovic K., Zitouna N., Sdouga D., Milic D., Trifi-Farah N. Assessment of the genetic variation in alfalfa genotypes using SRAP markers for breeding purposes // *Chilean journal of agricultural research*. 2017. Vol. 77, No 4. P. 332–339. DOI: 10.4067/S0718-58392017000400332

Yeh F.C., Yang R.C., Boyle T.B.J., Ye Z.H., Mao J.X. PopGene, the User-Friendly Shareware for Population Genetic Analysis // *Molecular Biology and Biotechnology Center, University of Alberta, Canada*. 1997. Vol. 10. P. 295–301.

ИЗУЧЕНИЕ МОЛЕКУЛЯРНЫХ МЕХАНИЗМОВ ОТВЕТА НА НИЗКОТЕМПЕРАТУРНЫЙ СТРЕСС У *VITIS VINIFERA* L.

М.В. Ерастенкова, Н.Г. Тихонова, А.А. Хохленко, Е.Н. Кислин, Ю.В. Ухатова
Федеральный исследовательский центр Всероссийский институт генетических ресурсов растений имени Н.И. Вавилова, Санкт-Петербург, Россия, e-mail: merastenkova@gmail.com

A STUDY OF MOLECULAR MECHANISMS OF RESPONSE TO LOW TEMPERATURE STRESS IN *VITIS VINIFERA* L.

M.V. Erastenkova, N.G. Tikhonova, A.A. Khokhlenko, E.N. Kislin, Yu.V. Ukhatova
N.I. Vavilov All-Russian Institute of Plant Genetic Resources, St. Petersburg, Russia,
e-mail: merastenkova@gmail.com

Устойчивость растений к низким температурам делится на два вида: холодоустойчивость – устойчивость к низким положительным температурам (0...+15°C); морозоустойчивость – устойчивость к низким отрицательным температурам (< 0°C). Низкотемпературный стресс отрицательно влияет на рост и развитие растений, что существенно ограничивает ареалы распространения и зоны возделывания важных сельскохозяйственных культур. Ответ на воздействие низких температур у растений происходит на клеточном уровне, затем включаются гены и факторы транскрипции, ответственные за устойчивость растения к холоду, что обеспечивает выживание растения. В данной работе рассматриваем некоторые механизмы устойчивости винограда к низким температурам.

Виноград является важной сельскохозяйственной культурой, по данным FAOSTAT, индекс валового производства в мире за 2021 год составляет 73,5 млн тонн, в Российской Федерации производится 761 тыс. тонн (URL: <https://www.fao.org/faostat/en>). Наиболее распространенными являются технические сорта винограда, которые в основном представлены видом *Vitis vinifera* L. Растения этого вида чувствительны к холоду и не могут переносить суровую зиму в регионах с экстремально низкой температурой. Высокую устойчивость к низким температурам демонстрируют *V. amurensis* Rupr. и *V. riparia* Michx., поэтому их используют в качестве доноров устойчивости в селекционных программах на холодоустойчивость и зимостойкость.

За последние годы достигнут значительный прогресс в изучении механизмов ответа на абиотические стрессы растений благодаря достижениям в области молекулярной генетики. По литературным данным, основным путем ответа растений на холодовой стресс является каскад реакций *ICE* (*Inducer of CBF Expression*) – *CBF* (*C-repeat Binding Factor*) – *COR* (*Cold-Regulated genes*). Данный процесс описан у арабидопсиса, чая, винограда и риса, что может свидетельствовать о том, что ответ *ICE* – *CBF* – *COR* достаточно консервативен для различных видов растений. Транскрипционный фактор *ICE* индуцирует и регулирует экспрессию генов *CBF*, в свою очередь *CBF* запускают и регулируют экспрессию *COR* при низкотемпературном стрессе. Так, у растений *Arabidopsis thaliana* (L.) Heynh. со сверхэкспрессией генов *ValCE1* или *ValCE2* увеличивался и уровень экспрессии генов *CBF1*, *COR15A* и *COR47*, что способствовало повышению устойчивости к холодовому стрессу у трансгенных растений (Xu et al., 2014).

В наши исследования включены 19 сортов винограда, сохраняемые в полевых условиях Дагестанской опытной станции – филиала ВИР и 2 сорта, сохраняемые на полях НПБ «Пушкинские и Павловские лаборатории ВИР», контрастные по устойчивости к низким температурам. На основе проведенного анализа литературы выбраны гены-кандидаты для изучения у сформированной выборки: *ICE1*, *ICE2*, *CBF1*, *CBF2*. Анализ аллельного состояния выбранных генов у различных образцов винограда позволит лучше понять молекулярный механизм ответа на холодовой стресс у растений. В перспективе понимание молекулярных механизмов устойчивости к холодовому стрессу даст возможность расширения ареала возделывания винограда, получения новых сортов с помощью методов ускоренной селекции.

Работа выполнена в рамках государственного задания ВИР согласно тематическому плану НИР по теме № FGEM-2022-0011 «Разработка подходов ускоренной селекции для улучшения хозяйственно ценных признаков декоративных и ягодных культур».

Список литературы

FAOSTAT: website. URL: <https://www.fao.org/faostat/en/> (дата обращения: 20.03.2023)
Xu W., Jiao Y., Li R., Zhang N., Xiao D., Ding X., Wang Z. Chinese wild-growing *Vitis amurens* ICE1 and ICE2 encode MYC-Type bHLH transcription activators that regulate cold tolerance in *Arabidopsis* // PLOS ONE. 2014. Vol. 9, No 7. e102303. DOI: 10.1371/journal.pone.0102303

РАСТЕНИЯ-ГИПЕРАККУМУЛЯТОРЫ НА УРАЛЕ И ИХ АККУМУЛЯЦИОННЫЙ ПОТЕНЦИАЛ

А.А. Ермошин, А.Ю. Тептина

Уральский федеральный университет, Екатеринбург, Россия,
e-mail: alexander.ermoshin@urfu.ru, ateptina@gmail.com

HYPERACCUMULATOR PLANTS IN THE URALS AND THEIR ACCUMULATION POTENTIAL

A.A. Ermoshin, A.Yu. Teptina

Ural Federal University, Ekaterinburg, Russia,
e-mail: alexander.ermoshin@urfu.ru, ateptina@gmail.com

Ключевая экологическая проблема сегодня – антропогенное загрязнение почвы. Основным компонентом неорганических загрязнений выступают тяжелые металлы. Несмотря на то, что металлы необходимы растениям, в высоких концентрациях они токсичны и вызывают окислительный стресс (Полесская, 2007). Одно из направлений очистки почв, связанное с использованием растений-гипераккумуляторов, способных накапливать в надземной массе значительные концентрации тяжелых металлов, называется фиторемедиацией. В задачи направления входит поиск гипераккумуляторов в локальных флорах, выявление их аккумуляционных возможностей, эффективных генотипов. Известно, что такие растения должны обладать тремя параметрами: 1) высокие аккумуляционные способности, 2) значительная скорость роста, 3) высокие показатели надземной биомассы (Henry, 2000).

Цель нашей работы – изучить аккумуляционные способности и устойчивость к ионам цинка и никеля трех видов из рода *Alyssum*, обитающих на Урале. Для этого был проведен сбор надземной массы и семян растений в природных популяциях *A. obovatum* (С.А. Mey) Turcz., *A. tortuosum* Waldst. & Kit. ex Willd. и *A. litvinovii* Knjaz. на ультраосновных породах на Урале. Оценивали уровни и динамику содержания никеля и цинка в надземной массе растений и почвах с использованием метода атомно-эмиссионной спектроскопии с индуктивно связанной плазмой iCAP 6500 Thermo Scientific.

В лабораторных условиях проведена стерилизация семян, их проращивание на агаризованной среде MS с добавлением 3% сахарозы и последующее микроклонирование (Murashige, Skoog, 1962). Полученные микроклоны испытывали на устойчивость к 50, 100 и 200 мкМ ионов Ni и Zn в среде. Через 6 недель культивирования измеряли длину побегов, проводили спектрофотометрическое определение содержания ионов Ni с диметилглиоксимом (Ольшанская и др., 2016). В работе изучали 5–7 генотипов каждого вида, клоны выращивали в 5 биологических повторностях. Была проведена оценка фиторемедиационного потенциала видов.

В природе наиболее высокие концентрации Ni в биомассе растений были зафиксированы для *A. obovatum* (6003 мг/кг). Аналогичные результаты ранее отмечались для данного вида на Полярном Урале и Чукотке (Алексеева-Попова, Дроздова, 1994, 2013), что позволяет отнести его к гипераккумуляторам Ni. Концентрации Zn были значительно ниже (до 76,2 мг/кг), хотя содержание в почве было повышенное. Биомасса *A. tortuosum* продемонстрировала уровни накопления Ni близкие и превышающие пороговые значения для гипераккумуляторов (до 1975,8 мг/кг). Данный вид, имея обширный ареал, на всем протяжении ареала демонстрирует различные уровни накопления Ni. Так, проведенные ранее исследования в европейской части ареала и на территории Албании, показали, что данный вид ведет себя как типичный исключитель (Shallari, 19980). В работе R.R. Brooks (1979) концентрации достигали (314 мг/кг), а в работе турецких исследователей (Altinozlu et al., 2012) составила 1278 мг/кг. Аналогичные данные приводились ранее в работах

Д.П. Малюги (1964), где отмечается содержание никеля более 1% для Кимперсайского ультраосновного массива в Казахстане. Содержание Zn в исследованных нами образцах было невысоким и достигало 30,2 мг/кг. Для материалов, собранных в единственной популяции *A. litvinovii*, зафиксирован невысокий уровень накопления Ni (до 160,06 мг/кг), что позволяет отнести его в группу аккумуляторов. Содержание Zn было также было невысоким и достигали 18,8 мг/кг.

При культивировании *in vitro* растения *A. litvinovii* показывали наименьшую массу растений в сравнении с другими видами в полуторамесячном возрасте длина их побегов составляла около 15 мм, тогда как у *A. tortuosum*, *A. obovatum* – около 25 мм. Ионы никеля в основном не оказывали достоверного влияния на линейные размеры растений, кроме варианта 100 мкМ у *A. tortuosum*, где наблюдали достоверное увеличение размеров в сравнении с контролем, 50 и 200 мкМ и 200 мкМ у *A. obovatum*, где показано незначительное, но достоверное уменьшение длины побега. При этом росло содержания никеля в сырой биомассе растений. В зависимости от содержания никеля в среде культивирования, в биомассе *A. obovatum* содержание ионов Ni превышало уровень в контрольных растениях в 1,5–3 раза и доходило до 1,2 мг/г сырой массы. *A. tortuosum* аккумулировали в 6–13 раз больше ионов Ni, но его максимальное содержание не превышало значений для *A. obovatum*. Данные для *A. litvinovii* не приводятся, так как растения имели недостаточную биомассу для анализа. Оценка остаточных концентраций никеля в среде культивирования *A. tortuosum* не показала достоверных отличий между вариантами с начальной концентрацией 50 и 200 мкМ, что говорит о высоком ремедиационном потенциале данного вида. Культивирование *A. obovatum* на всех исследованных дозах ионов цинка вызывало достоверное угнетение роста растений, тогда как на растения *A. tortuosum* и *A. litvinovii* не оказало существенного воздействия.

Таким образом, показано, что *A. obovatum* и *A. tortuosum* перспективны для фиторемедиации почв, загрязненных никелем, так как в природных условиях показывают повышенные уровни накопления Ni, а также в условиях *in vitro* без негативных эффектов выдерживают концентрации до 200 мкМ ионов Ni и Zn, показывая активное накопление Ni из среды. Наименее перспективен для целей ремедиации *A. litvinovii*, так как обладает значительно меньшей, в сравнении с другими видами, биомассой и показывает невысокие уровни накопления Ni и Zn в природе и в культуре.

Список литературы

Алексеева-Попова Н.В., Дроздова И.В. Микроэлементный состав растений Полярного Урала в контрастных геохимических условиях // Экология. 2013. № 2. С. 90–98. DOI: 10.7868/S0367059713020030

Алексеева-Попова Н.В., Дроздова И.В. Особенности минерального состава растений и почв на ультраосновных породах Усть-Бельского горного массива (среднее течение реки Анадырь). 1. Почвы // Ботанический журнал. 1994. Т. 79, № 7. С. 75–85.

Малюга Д.П. Биохимический метод поисков рудных месторождений : Принцип и практика поисков. Москва : АН СССР, 1963. 213 с.

Ольшанская Л.Н., Баканова Е.М., Яковлева Е.В. Гистохимические исследования локализации тяжелых металлов в тканях высших растений в процессе фитоэкстракции // Известия высших учебных заведений. Серия: Химия и химическая технология. 2016. Т. 59, № 5. С. 3–15.

Полесская О.Г. Растительная клетка и активные формы кислорода. Москва : Книжный дом Университет, 2007. 140 с.

Altinozlu H., Karagoz A., Polat T., Unver I. Nickel hyperaccumulation by natural plants in Turkish serpentine soils // Turkish Journal of Botany. 2012. Vol. 36. P. 269–280. DOI: 10.3906/bot-1101-10

Brooks R.R., Morrison R.S., Reeves R.D., Dudley T.R., Akman Y. Hyperaccumulation of nickel by *Alyssum* L. (Cruciferae) // Proceedings of the Royal Society of London. Series B, Biological Sciences. 1979. Vol. 203 (1153). P. 387-403. DOI: 10.1098/rspb.1979.0005

Henry J.R. An Overview of Phytoremediation of Lead and Mercury. NNEMS Report. Washington, D.C., 2000. P. 3–9.

Murashige T., Skoog F. A revised medium for rapid growth and bio-assays with tobacco tissue cultures // Physiologia Plantarum. 1962 Vol. 15, No 3. P. 473–497. DOI: 10.1111/j.1399-3054.1962.tb08052.x

Shallari S., Schwartz C., Hasko A., Morel J.L. Heavy metals in soils and plants of serpentine and industrial sites of Albania. // Science of The Total Environment. 1998. Vol. 209, iss. 2-3. P. 133–142. DOI: 10.1016/S0048-9697(98)80104-6

ОЦЕНКА ЭФФЕКТИВНОСТИ КАЛЛУСООБРАЗОВАНИЯ У ОБРАЗЦОВ ВИНОГРАДА

Т.В. Коваленко^{1,2}, Л.Ю. Новикова², Ю.В. Ухатова^{1,2}

¹Автономная некоммерческая образовательная организация высшего образования
Научно-технологический университет «Сириус», Сочи, Россия

²Федеральный исследовательский центр Всероссийский институт генетических ресурсов
растений имени Н.И. Вавилова, Санкт-Петербург, Россия,
e-mail: ddfvkt@gmail.com

EVALUATION OF CALLUS FORMATION EFFICIENCY IN GRAPE ACCESSIONS

T.V. Kovalenko^{1,2}, L.Yu. Novikova², Y.V. Ukhatova^{1,2}

¹Sirius University of Science and Technology, Sochi, Russia

²N.I. Vavilov All-Russian Institute of Plant Genetic Resources, St. Petersburg, Russia,
e-mail: ddfvkt@gmail.com

Виноград является важной продовольственной культурой, в связи с чем включается в селекционные программы, в том числе с применением современных биотехнологических подходов. Оценка эффективности каллусообразования, регенерации растений в культуре *in vitro* является одним из этапов работы. Было проведено изучение влияния на эффективность каллусообразования таких факторов, как сорт, состав среды и расположение экспланта.

В работе оценили два сорта винограда из коллекции ВИР – ‘Кайтаги’ и ‘Ахтамар’. Питательные среды МС содержали минеральные компоненты по прописи Мурасиге и Скуга (Murashige, Skoog, 1962) и цитокинин 6-бензоаминопурин (БАП). В качестве вариативного компонента использовали компоненты класса ауксинов для индуцирования процесса получения ризогенного каллуса: ИМК (индол-3-масляная кислота) и ИУК (индол-3-уксусная кислота). Были оценены два варианта питательных сред: (1) – МС + 2 мг/л БАП + 0,1 мг/л ИМК и (2) МС + 2 мг/л БАП + 0,1 мг/л ИУК. Рассматривали два варианта расположения листовых эксплантов для определения положения с наилучшим ростом органогенного каллуса: абаксиальной стороной вверх и адиаксиальной стороной вверх.

В результате исследования влияния трех факторов (сорт, среда, положение экспланта) поставлен полный факторный эксперимент, всего 8 вариантов опыта. Достоверность различия вариантов исследована критерием Манна – Уитни в пакете Statistica 13.3.

Частота каллусогенеза варьировала в опыте от 50,0 до 100,0%. Трехфакторный ANOVA показал, что статистически достоверно на уровень каллусообразования влиял только фактор расположения экспланта (уровень значимости различий $p = 0,009$). Уровни значимости влияния факторов: сорт $p = 0,817$, среда $p = 0,148$. Все взаимодействия факторов были не значимы $p > 0,701$.

Достоверным было влияние расположения экспланта ($p = 0,021$): у эксплантов абаксиальной стороной вверх отмечена более высокая эффективность каллусогенеза, в среднем $90,8 \pm 5,3\%$, чем у расположенных абаксиальной стороной вниз – $61,7 \pm 4,4\%$.

Наблюдали слабую тенденцию к большей частоте каллусогенеза на среде, содержащей в качестве ауксина ИМК (в среднем $84,2 \pm 9,2\%$), чем на ИУК ($68,3 \pm 8,0\%$), $p = 0,248$, но этот вопрос требует большего количества экспериментов. Сорта не различались частотой каллусогенеза: $77,5 \pm 8,5$ (‘Кайтаги’), $75,0 \pm 10,8\%$ (‘Ахтамар’) ($p = 0,885$). Рассмотрение сортов по отдельности дало менее значимые различия.

Таким образом, получение каллуса возможно с применением двух составов питательных сред, при этом наиболее эффективно располагать экспланты абаксиальной стороной вверх.

ЭЛИМИНАЦИЯ ХРОМОСОМ КАК МЕХАНИЗМ ВОЗНИКНОВЕНИЯ ДИПЛОИДОВ В ПОТОМСТВЕ ЛИНИЙ КУКУРУЗЫ С ЭЛЕМЕНТАМИ АПОМИКСИСА ПРИ ИХ ОПЫЛЕНИИ ТЕТРАПЛОИДАМИ

Л.И. Мавлютова, Л.А. Эльконин, А.Ю. Колесова, В.М. Панин, М.И. Цветова
Федеральный аграрный научный центр Юго-Востока, Саратов, Россия,
e-mail: lelkonin@gmail.com

CHROMOSOME ELIMINATION AS A MECHANISM FOR THE APPEARANCE OF DIPLOIDS IN THE PROGENY OF MAIZE LINE WITH APOMIXIS COMPONENTS POLLINATED BY TETRAPLOIDS

L.I. Mavlyutova, L.A. Elkonin, A.Yu. Kolesova, V.M. Panin, M.I. Tsvetova
Federal Center of Agriculture Research of the South-East Region, Saratov, Russia,
e-mail: lelkonin@gmail.com

Одним из основных компонентов апомиктического размножения растений является формирование нередуцированных зародышевых мешков (ЗМ). Эффективным инструментом для выявления способности к формированию таких ЗМ могут служить гетероплоидные скрещивания, в которых материнские диплоидные растения опыляют пыльцой тетраплоидов. У кукурузы в скрещиваниях $2n(\text{♀}) \times 4n(\text{♂})$ формируются, как правило, щуплые зерновки с триплоидным зародышем, у которых развитие эндосперма нарушено ввиду отклонения баланса материнского (м) и отцовского (о) геномов от соотношения 2м:1о.

Ранее в наших экспериментах у нескольких диплоидных линий кукурузы, включая линию ГПЛ АТ, способную к гаплоидному партеногенезу (Тырнов, Еналеева, 1983), и ее гибриды, при опылении их пыльцой тетраплоидов, было обнаружено формирование крупных выполненных зерновок, из которых развивались тетраплоидные гибриды, а также диплоидные растения матроклинного типа (Tsvetova et al., 2016). Было высказано предположение, что выполненные зерновки в $2n \times 4n$ скрещиваниях возникают на основе нередуцированных ЗМ, поскольку слияние двух диплоидных полярных ядер с диплоидным спермием обеспечивает соотношение материнского и отцовского геномов в эндосперме 2м:1о. Материнский фенотип растений, а также гибридный фенотип эндосперма, были подтверждены экспрессией генетических маркеров, что свидетельствовало в пользу их возникновения на основе псевдогамного апомиксиса (Tsvetova, 2019).

С целью уточнения генетической природы диплоидных растений, фенотипически сходных с материнскими линиями, которые развивались из выполненных зерновок в скрещиваниях $2n \times 4n$, нами было проведено их генотипирование по всем 10 хромосомам генома кукурузы с помощью полиморфных кодоминантных SSR- и Indel-маркеров, дифференцирующих отцовскую линию-опылитель от материнских линий. В качестве материнских форм использовали линию ГПЛ АТ, обладающую способностью к гаплоидному партеногенезу, растения из поколения F₂ гибрида между линиями В47, способной к формированию нередуцированных ЗМ, и ГПЛ АТ. Кроме того, в скрещивания была включена линия Коричневый Маркер (КМ), несущая маркерный ген *B* коричневой окраски стебля и гены *R* и *Pl*, которые при взаимодействии с геном *A* определяют черную окраску зерновок и пыльников, а также линия ЮВ11. В качестве отцовской формы использовали тетраплоидную кукурузу Черная Тетра (ЧТ) из генетической коллекции Всероссийского института генетических ресурсов растений им. Н.И. Вавилова (ВИР), любезно предоставленную доктором биологических наук Э.Б. Хатефовым. Эта линия несет маркерный ген *Al*.

На початках диплоидных линий кукурузы, а также растений из F₂ В47/ГПЛ АТ, опыленных пыльцой ЧТ, в ряде случаев наблюдалось формирование полностью

выполненных зерновок (рисунок). На початках КМ эти зерновки имели черную окраску. В результате проращивания этих зерновок были получены растения, фенотипически сходные с материнскими линиям, которые имели диплоидный набор хромосом. При генотипировании этих растений с использованием праймеров для амплификации маркеров пяти хромосом – 1-й (iDp525), 2-й (iDP4004), 3-й (JY_3:457), 4-й (UfDP4_31.55), 9-й (INDEL_139329242) – наблюдалась амплификация только материнских аллелей. Однако у каждого из изученных растений при использовании маркеров других хромосом были отмечены случаи амплификации аллелей, свойственных отцовской линии.

Полученные данные свидетельствуют, что диплоидная природа растений, развивающихся у кукурузы из выполненных зерновок, формирующихся в $2n \times 4n$ скрещиваниях, по-видимому, является следствием оплодотворения нередуцированных зародышевых мешков диплоидных линий пыльцой тетраплоидов и последующей элиминации хромосом преимущественно тетраплоидного отцовского родителя. Подобная элиминация хромосом отцовской линии-опылителя описана при индукции гаплоидов у ячменя и кукурузы. Примечательно, в некоторых случаях амплификация разных маркеров одной и той же хромосомы у одного и того же растения давала разные результаты, что, возможно, является следствием рекомбинации родительских хромосом в процессе онтогенеза исследуемых растений, возникших в результате гибридизации. Результаты амплификации разных маркеров в ДНК, выделенной из листьев исследуемых растений и из эндосперма зерновок, из которых они были получены, как правило, не различались между собой. Диплоидная природа растений, гомозиготных по подавляющему большинству молекулярных маркеров материнских линий, свидетельствует о развитии таких растений на основе диплоидных яйцеклеток и, следовательно, о наличии у использованных линий способности к формированию нередуцированных ЗМ – одного из основных компонентов апомиктического размножения.

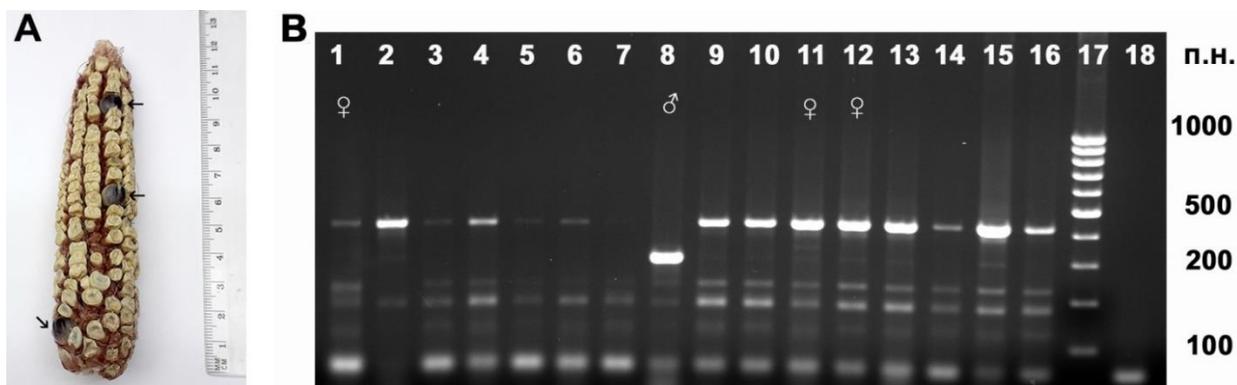


Рисунок. А – початок линии кукурузы КМ ($2n$), опыленный пыльцой линии Черная Тетра (ЧТ, $4n$), стрелками отмечены выполненные зерновки; **В** – амплификация SSR-маркера iDP525 (1 хромосома) у диплоидных растений, полученных из зерновок, завязавшихся на початках, опыленных пыльцой ЧТ. ♀ – материнские линии КМ (1), ЮВ11 (11), ГПЛ АТ (12), ♂ – ЧТ; 2-7, 9-10, 13-16 – опытные растения; 17 – ДНК-маркер; 18 – отрицательный контроль

Список литературы

Тырнов В.С., Еналеева Н.Х. Автономное развитие зародыша и эндосперма у кукурузы // Доклады АН СССР. 1983. № 3. С. 722–725.

Tsvetova M., Elkonin L., Italianskaya Y. Pseudogamous apomixis in maize and sorghum in diploid-tetraploid crosses // *Phyton-International Journal of Experimental Botany*. 2019. Vol. 88, No 4. P. 389–401. DOI: 10.32604/phyton.2019.07485

Tsvetova M.I., Elkonin L.A., Italianskaya Yu.V. Diploid-tetraploid crosses as the instrument for obtaining apomictic maize plants // *Russian Agricultural Sciences*. 2016. Vol. 2, No 3-4. P. 201–204. DOI: 10.3103/S106836741603023X

РАСПРОСТРАНЕННОСТЬ БОЛЕЗНЕЙ ПЕРЦА В ПРЕДГОРНОЙ ЗОНЕ АДЫГЕИ

О.В. Плющ, И.В. Филь

Федеральный исследовательский центр Всероссийский институт генетических ресурсов растений имени Н.И. Вавилова, Майкопская опытная станция – филиал ВИР, Майкоп, Россия, e-mail: hedera.oleg@yandex.ru

PREVALENCE OF PEPPER DISEASES IN THE FOOTHILL ZONE OF ADYGEA

O.V. Plyushch, I.V. Fil

N.I. Vavilov All-Russian Institute of Plant Genetic Resources, Maikop Experiment Station of VIR, Maikop, Russia, e-mail: hedera.oleg@yandex.ru

На юге России, в том числе в Краснодарском крае и Республике Адыгея в последние годы наблюдаются вспышки вирусных и фитоплазменных заболеваний на пасленовых культурах (томат, перец), что приводит к значительным потерям урожая, а иногда его полной гибели (Дякунчак и др., 2016). Фитомониторинг, который проводили сотрудники Всероссийского института защиты растений (ВИЗР) показал, что распространение основных видов вирусов связано с природными очагами (сорные растения ряда культур) и переносчиками болезней (насекомые). Часто наблюдаются смешанные вирусные инфекции, а также их сочетание с фитоплазменными болезнями (Ахатов, 2006). Причину широкого распространения новых штаммов вирусов связывают с их массовым завозом с зарубежными семенами (Авдеев и др., 2001).

На коллекциях овощных пасленовых культур – перце, баклажанах, томатах Майкопской опытной станции ВИР (МОС ВИР) в последние годы отмечена сложная фитосанитарная обстановка. На растениях проявляются разнообразные признаки болезней – деформация кустов и плодов, укорачивание междоузлий, деформация и опадание завязи, мелколистность, хлоротичность, мозаичность, скручивание и закручивание листьев (рисунок).



Рисунок. Коллекция изучения перца сладкого, общий вид делянок Майкопская опытная станция – филиал ВИР, 2022 г.)

Максимальное проявление болезней было отмечено во второй декаде сентября, в период массового плодоношения культуры. В связи с отсутствием условий для детальной идентификации патогенов названия болезней не приводим. Для идентификации

возбудителей вирусов необходимо проведение углубленного изучения совместно с профильными НИИ. В таблице приведены средние данные поражения 15 образцов перца сладкого из России, Беларуси и Украины за три года изучения. Сорты и гибриды из России: 'Сибирский толстостенный', 'Альто', 'Эксито', 'Эллада', 'Взлет', 'Фантастика F1', 'Тибет F1'; из Беларуси: 'Алеся', 'Башенка', 'Варяг', 'Восковой', 'Желтый кубический M10', 'Кинжал F1'; из Украины: 'Злагода', 'Лада'. Количество растений на делянку составляет 45 штук. Отмечали количество больных растений и степень поражения в баллах.

Таблица. Поражение болезнями образцов перца сладкого (МОС ВИР, 2020-2022 гг.)

год	Поражение, %			Поражение, балл		
	min	max	среднее	min	max	среднее
2020	24	80	56,3	2	4	3,7
2021	24	64	35,5	2	4	3,0
2022	38	76	54,5	3	4	3,6
среднее	28,7	73,3	48,8	2,3	4,0	3,4

Распространенность болезней во все годы изучения была сильной и в 2020 г. составила 56,3%, в 2021 г – 35,5%, 2022 г – 54,5%. Интенсивность поражений в баллах – процент поражения вирусами от 38 до 100 (в среднем 71,2%), средний балл поражения 3,9. В 2019 г. выявлена высокая отрицательная связь между урожайностью перца и распространенностью болезней ($r = -0,71$). Устойчивых образцов не выявлено. Для повышения эффективности работ на иммунитет к опасным патогенам необходимо проведение иммунологических исследований.

Работа выполнена в рамках государственного задания согласно тематическому плану ВИР по теме № FGEM-2022-0002 «Мировые ресурсы овощных и бахчевых культур коллекции ВИР: Эффективные пути раскрытия эколого-географических закономерностей формирования разнообразия и использования селекционного потенциала».

Список литературы

- Авдеев Ю.И., Авдеев А.Ю., Кичашпаева Л.М., Иванова О.П. Вредоносные вирусы на томатах в Астраханской области // Вестник РАСХН. 2001. № 3. С. 49–52.
- Ахатов А.К. Защита овощных культур и картофеля от болезней / под редакцией А.К. Ахатова, Ф.С. Джалилова. Москва, 2006. 351 с.
- Дякунчак С.А., Королева С.В., Грушанин А.И. Вирусные и фитоплазменные болезни пасленовых культур на Кубани // Рисоводство. 2016. № 1-2 (30-31). С. 80–84.

**SSR-ФИНГЕРПРИНТИНГ И АНАЛИЗ ГЕНЕТИЧЕСКИХ ВЗАИМОСВЯЗЕЙ
СЕЛЕКЦИОННЫХ ФОРМ ОРЕХА ГРЕЦКОГО ФГБНУ СКФНЦСВВ**

И.И. Супрун, Е.А. Аль-Накиб, И.В. Степанов, С.В. Токмаков

Северо-Кавказский федеральный научный центр садоводства, виноградарства, виноделия,
Краснодар, Россия, e-mail: supruni@mail.ru

**SSR FINGERPRINTING AND ANALYSIS OF GENETIC RELATIONSHIPS
OF WALNUT BREEDING FORMS AT THE NORTH CAUCASUS FSC
OF HORTICULTURE, VITICULTURE, WINEMAKING**

I.I. Suprun, E.A. Al-Nakib, I.V. Stepanov, S.V. Tokmakov

North-Caucasian Federal Scientific Center of Horticulture, Viticulture, Winemaking, Krasnodar,
Russia, e-mail: supruni@mail.ru

Изучение генетической структуры коллекций ореха грецкого является важнейшим этапом селекционной работы, направленной на создание перспективных сортов данной культуры. В проведенной нами работе были выявлены генетических взаимосвязей между селекционными формами ореха грецкого из коллекции ФГБНУ СКФНЦСВВ на основе результатов SSR-фингерпринтинга. Благодаря полученным сведениям о структуре генетической коллекции ореха грецкого планируется отбор наиболее генетически контрастных форм для дальнейшего их использования в селекционной практике. Полученные в ходе анализа SSR-фингерпринты будут использованы для формирования Базы Данных ДНК-паспартов. ДНК-паспорта будут использованы для апробации селекционного материала и проверки сортовой чистоты посадочного материала.

Исследование выполнено за счет средств гранта Российского научного фонда и Кубанского научного фонда № 22-16-20061, <https://rscf.ru/en/project/22-16-20061/>.А

ОЦЕНКА ОВСА НА ПОВРЕЖДАЕМОСТЬ НИЗКИМИ ЗИМНИМИ ТЕМПЕРАТУРАМИ В УСЛОВИЯХ ПРЕДГОРНОЙ ЗОНЫ СЕВЕРО-ЗАПАДНОГО КАВКАЗА

И.В. Филь

Федеральный исследовательский центр Всероссийский институт генетических ресурсов растений имени Н.И. Вавилова, Майкопская опытная станция - филиал ВИР, Майкоп, Россия, e-mail: irinafil1974@icloud.com

OAT ASSESSMENT FOR DAMAGE BY WINTER LOW TEMPERATURES IN THE NORTHWEST CAUCASUS FOOTHILL ZONE

I.V. Fil

N.I. Vavilov All-Russian Institute of Plant Genetic Resources, Maikop Experiment Station of VIR, Maikop, Russia, e-mail: irinafil1974@icloud.com

Овес – одна из наиболее распространенных и важных культур Российской Федерации, широко используемая в пищевых и кормовых целях. Сорты овса осеннего сева называют зимующими. Главными преимуществами зимующего овса по сравнению с яровым являются уход от весенних засух и действий вредителей, в 1,5–2 раза больший урожай зерна и вегетативной массы. Зимующий овес выращивают в районах с мягкими теплыми зимами. На территории Российской Федерации посеvy зимующего овса практикуют в предгорьях Северного Кавказа, в зоне достаточного увлажнения (Адыгея, Северная Осетия, Ингушетия и Кабардино-Балкария). Для зимующих форм культурного овса зимостойкость и морозостойкость являются очень важными абиотическими признаками (Лоскутов, 2007).

Майкопская опытная станция ВИР (МОС ВИР) сохраняет коллекцию зимующего овса, являющуюся частью рабочей коллекции отдела Генетических ресурсов овса, ржи, ячменя ВИР. Дублетная коллекция МОС ВИР в настоящее время состоит из 812 образцов разных видов и разного происхождения, из более чем 30 стран мира (Филь, Плющ, 2020). Фрагмент коллекции количеством 178 образцов был оценен на повреждаемость низкими температурами в условиях зимы 2022–2023 гг. Овес был посеян осенью, в оптимальные сроки. В зиму растения ушли в хорошем состоянии. В первой декаде января 2023 года отмечали заморозки без снежного покрова, минимальная температура составила минус 13,3°C. Эти условия стали критическими для коллекции зимующего овса, вместе с тем позволили оценить ее по устойчивости к этому фактору. Оценку образцов на зимостойкость провели в конце февраля, согласно методическим указаниям по изучению и сохранению мировой коллекции ячменя и овса, разработанным в ВИР (Методические указания..., 2012). Зимостойкость определяли в баллах в зависимости от процента сохранившихся растений по следующей шкале: 1 – очень низкая, сохранность после перезимовки менее 20%; 3 – низкая, сохранность после перезимовки 21–35%; 5 – средняя, сохранность после перезимовки 36–50%; 7 – выше средней, сохранность после перезимовки 51–75%; 9 – высокая, после перезимовки сохранилось более 75% растений. Стандартами использовались районированные сорта зимующего овса ‘Мезмай’ и ‘Подгорный’. Их зимостойкость очень высокая, повреждения вегетативной массы отсутствовали.

Проведенные исследования показали, что средний балл зимостойкости фрагмента коллекции овса составил 5,5. Около 10% образцов погибли от заморозков. Оценку в 1 балл получили примерно 15%, 3 балла – 10%, 5 баллов – 14%, 7 баллов – 24 и 9 баллов – 27% образцов. Число образцов с сохранностью после перезимовки более 50% растений – 91, более 75% растений – 48. Для полной оценки влияния повреждающего действия низких температур, кроме сохранности после перезимовки (в %), необходимо учитывать внешний вид, состояние растений после воздействия холодового стресса. Так, у выживших растений

одних образцов могут быть повреждены только кончики листьев, тогда как у других наблюдаться полная гибель надземной части, живым остается только узел кущения. Для оценки использовали следующую шкалу, в баллах: 1 – полная гибель растений; 3 – устойчивость низкая – надземная часть растений полностью погибла, остается живым лишь узел кущения; 5 – устойчивость средняя – полегли и поникли многие листья главного стебля; боковые побеги повреждены слабо; 7 – устойчивость высокая – повреждены только кончики листьев; 9 – устойчивость очень высокая – повреждение отсутствует. Средний балл состояния растений составил 3,4, что указывает на низкую устойчивость (рисунок). Большинство растений после воздействия холодного стресса имели живым лишь узел кущения, единичные образцы показали среднюю устойчивость, 10 образцов оценены в 8-9 баллов, т. е. как высокоустойчивые.



1

2

Рис. Перезимовка образцов овса, общий вид делянок осенью (1) и весной (2)
(Майкопская опытная станция – филиал ВИР, 2022-2023 гг.)

В результате оценки на холодоустойчивость по двум основным параметрам определили наиболее приспособленные генотипы. Успешную перезимовку на уровне районированных сортов-стандартов показали 10 образцов разной селекционной проработки: 5 местных образцов и 5 – селекционных. Местные сорта – к-4084, к-4875 из Кипра, к-4051 из Украины, к-7057 из России (Северной Осетии) и к-4991 из Италии. Селекционные – к-13472, ‘Адыгейский 19’ и к-14578, Линия 21/1-4 из России (Республики Адыгея), к-14684, ‘Lexicon’ и к-14685, ‘Millennium’ из Великобритании, а также к-11093, ‘Victorgrain 48-93’ из США. Выделенные образцы являются ценными источниками устойчивости к действию низких температур и рекомендуются для селекции новых сортов зимующего овса.

Благодарности: Работа выполнена в рамках государственного задания согласно тематическому плану ВИР по теме № FGEM-2022-0009 «Структурирование и раскрытие потенциала наследственной изменчивости мировой коллекции зерновых и крупяных культур ВИР для развития оптимизированного генбанка и рационального использования в селекции и растениеводстве».

Список литературы

Лоскутов И.Г. Овес (*Avena* L.). Распространение, систематика, эволюция и селекционная ценность. Санкт-Петербург : ВИР, 2007. 336 с.

Методические указания по изучению и сохранению мировой коллекции ячменя и овса / составители: И. Г. Лоскутов, О. Н. Ковалева, Е. В. Блинова ; под редакцией И. Г. Лоскутова ; РАСХН, Всероссийский научно-исследовательский институт растениеводства им. Н.И. Вавилова. Изд. 4-е, доп. и перераб. Санкт-Петербург : ВИР, 2012. 63 с.

Филь И.В., Плющ О.В. Зимующий овес в условиях Майкопской опытной станции ВИР // Новые технологии. 2020. Вып. 1 (51). С. 138–147. DOI: 10.24411/2072-0920-2020-10115

УСТОЙЧИВОСТЬ СЛИВЫ ДОМАШНЕЙ К ГРИБНЫМ БОЛЕЗНЯМ В УСЛОВИЯХ ПРЕДГОРНОЙ ЗОНЫ АДЫГЕИ

В.В. Шерстобитов, М.А. Колесова

Федеральный исследовательский центр Всероссийский институт генетических ресурсов растений имени Н.И. Вавилова, Майкопская опытная станция – филиал ВИР, Майкоп, Россия, e-mail: scherstobitow@mail.ru

RESISTANCE OF EUROPEAN PLUM TO FUNGAL DISEASES IN THE CONDITIONS OF THE FOOTHILL ZONE IN ADYGEA

V.V. Sherstobitov, M.A. Kolesova

N.I. Vavilov All-Russian Institute of Plant Genetic Resources, Maikop Experiment Station of VIR, Maikop, Russia, e-mail: scherstobitow@mail.ru

Слива домашняя (*Prunus domestica* L.) является одной из наиболее распространенных косточковых культур, возделываемых в Краснодарском крае и Адыгее (Шерстобитов и др., 2022). Поражение сливы болезнями, в том числе монилиозом (возбудители – *Monilia cinerea* Bonord, *Monilia fructigena* Pers.), кластероспориозом (*Clasterosporium carpophilum* (Lev.) Aderh.), ржавчиной (*Tranzschelia pruni-spinosae* Pers.) и полистигмозом (*Polystigma rubra* (Pers) Sacc.) (рисунок), приводит к значительному снижению урожая (Гатина, 1989; Guinet et al., 2016; Stefanova et al., 2021; Яковлева, 2021) и товарного качества плодов *P. domestica* (Программа ..., 1999; Guinet et al., 2016; Stefanova et al., 2021). Для борьбы с болезнями используют несколько методов, однако большое значение для закладки высокопродуктивных садов сливы имеет внедрение в производство сортов, резистентных к болезням (Гатина, 1989; Stefanova et al., 2021). Для создания таких сортов необходимо наличие разнообразного исходного материала, источником которого является коллекция сливы домашней Майкопской опытной станции – филиала Всероссийского института генетических ресурсов растений имени Н.И. Вавилова (ВИР). Цель работы – идентификация устойчивых к грибным болезням сортов сливы домашней из коллекции Майкопской ОС ВИР.

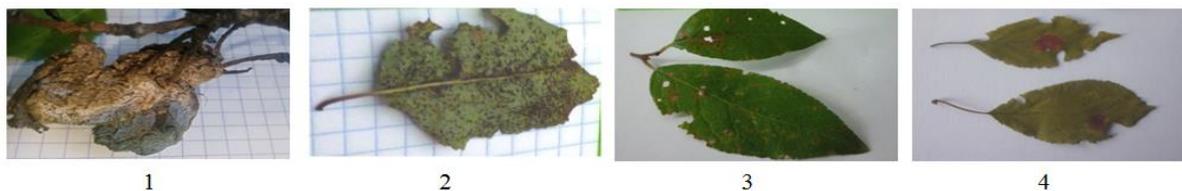


Рисунок. Поражение плодов и листьев сливы домашней болезнями:
1 – монилиозом; 2 – ржавчиной, 3 – кластероспориозом; 4 – полистигмозом

Материал исследования включал 29 сортов сливы домашней, 8 из которых были созданы сотрудниками станции. Оценку устойчивости образцов *P. domestica* к болезням проводили в коллекционном саду Майкопской ОС в 2011–2021 гг. по 6-балльной шкале (Программа ..., 1999), где 0 – поражение отсутствует, 1 – поражено до 1% поверхности органов (высокая устойчивость), 2 – поражено 1–10% (повышенная устойчивость), 3 – поражено 11–25% органов или их поверхности (средняя устойчивость), 4 – поражено 25–50% органов (повышенная восприимчивость), 5 – поражение свыше 50% (высокая восприимчивость).

У большинства сортов сливы максимальное поражение кластероспориозом составляло 2 балла. На 3 балла поражались сорта ‘Монфор’ (st), ‘Анна Шпет’ (st), ‘Исполинская’, ‘Память Вавилова’, ‘Венгерка итальянская’.

Плодовая гниль была обнаружена практически на всех исследуемых сортах сливы. Иммуных к этому заболеванию образцов не обнаружено. Максимальное поражение монилиозом плодов у изучаемых сортов сливы домашней за годы исследования составляло 2-3 балла. Сорта, пораженные на 2 балла: 'Кабардинская Ранняя' (st), 'Венгерка Вкусная', 'Венгерка Ранняя', 'Исполинская', 'Персиковая Мичурина', 'Чернослив Адыгейский', 'Vascova', 'Анна Шпет' (st), 'Венгерка Ажанская Синяя', 'Чернослив Шунтукский'. Остальные образцы поражились плодовой гнилью на 3 балла.

Выделены сорта сливы домашней, пораженные полистигмозом на 1 балл: 'Муса Джалиль', 'Ренклод Карбышева', 'Персиковая Мичурина', 'Память Вавилова', 'Ренклод Фиолетовый', 'Чернослив Адыгейский', 'Анастасия', 'Vascova', 'Calben 208'. Остальные сорта поражились на 2 балла.

Сорта сливы домашней, пораженные ржавчиной на 1 балл – 'Чернослив Адыгейский', 'Чернослив Шунтукский'. На 3 балла были поражены сорта: 'Кабардинская Ранняя' (st), 'Монфор' (st), 'Венгерка Ранняя', 'Екатерина (желтая)', 'Колумбия', 'Персиковая Мичурина', 'Анна Шпет' (st), 'Великий Герцог', 'Венгерка Вангенгейма'. Остальные изучаемые сорта поражились ржавчиной на 2 балла.

Таким образом, изученные образцы сливы домашней в условиях Адыгеи сильно различаются по устойчивости к грибным болезням. По данным многолетних исследований выделено 5 сортов сливы ('Венгерка Вкусная', 'Венгерка Ажанская Синяя', 'Чернослив Адыгейский', 'Чернослив Шунтукский' и 'Vascova'), характеризующиеся комплексной устойчивостью к болезням. Эти сорта рекомендуются для привлечения в селекционные программы.

Работа выполнена в рамках государственного задания согласно тематическому плану ВИР по теме «Совершенствование подходов и методов ex situ сохранения идентифицированного генофонда вегетативно размножаемых культур и их диких родичей, разработка технологий их эффективного использования в селекции».

Список литературы

- Гатина Э.Ш. Болезни и вредители сливы в Молдавии. Кишинев: Штиинца, 1989. 205 с.
- Программа и методика сортоизучения плодовых, ягодных и орехоплодных культур / [под общей редакцией Е.Н. Седова, Т.П. Огольцовой]. Орел : ВНИИСПК, 1999. 606 с.
- Шерстобитов В.В., Бандурко И.А., Озерский П.В. Анализ данных сортоизучения сливы домашней (*Prunus domestica* L.) селекции Майкопской опытной станции – филиала ВИР // *Труды по прикладной ботанике, генетике и селекции*. 2022.; Т. 183, вып. 2. С. 113–121. DOI: 10.30901/2227-8834-2022-2-113-121
- Яковлева В.В. Источники устойчивости к грибным болезням для создания новых сортов сливы в условиях юга Приморья // *Дальневосточный аграрный вестник*. 2021. № 4(60). С. 65–71. DOI: 10.24412/1999-6837-2021-4-65-71
- Guinet C., Fourrier-Jeandel C., Cerf-Wendling I., Ioos R. One-step detection of *Monilinia fructicola*, *M. fructigena*, and *M. laxa* on *Prunus* and *Malus* by a multiplex real-time PCR assay // *Plant Disease*. 2016. Vol. 100, No 12. P. 2465–2474. DOI: 10.1094/PDIS-05-16-0655-RE
- Stefanova B., Minkov P., Popski G. Monitoring of *Polistigma rubrum*, *Tranzschelia pruni spinose*, *Stigmina carpophila* in plum rootstock-cultivar combinations for the Troyan region // *Scientific Papers. Series B. Horticulture*. 2021. Vol. 65, No 1. P. 243–250. DOI:10.15835/NSB719555



КРУГЛЫЙ СТОЛ К ЮБИЛЕЮ Л.И. КОСТИНОЙ

ROUNDTABLE DEVOTED TO THE ANNIVERSARY OF LYUDMILA I. KOSTINA

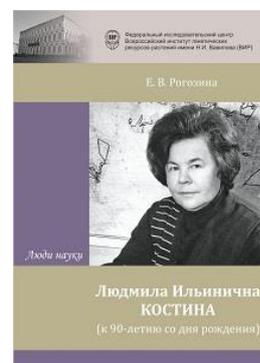
8 мая 2023 года исполнилось 90 лет **Людмиле Ильиничне Костиной** – российскому ученому, доктору биологических наук, почетному профессору ВИР, известному специалисту в области генетических ресурсов картофеля.

В 2023 году вышла в свет книга доктора биологических наук *Е.В. Рогозиной*, посвященная 90-летию юбилею Л.И. Костиной.

Биобиблиография содержит биографическую справку, основные даты жизни и деятельности, интервью с ученым, перечень научных публикаций, сведения о редактировании сборников и монографий, список учеников, а также публикаций о Л.И. Костиной. Представлена галерея фотографий, иллюстрирующих жизненный и профессиональный путь юбиляра.

Открытый доступ:

URL: http://www.vir.nw.ru/wp-content/uploads/2023/08/Rogozina-EV_Lyudmila-Ilinichna-Kostina_k-90-letiyu-so-dnya-rozhdeniya_2023_PODROBNEE-1.pdf



в рамках соглашения
№ 075-15-2021-1050
(от 28.09.2021)



**ДЕЛО ВСЕЙ ЖИЗНИ: СЛАВНЫЙ ПУТЬ ОТ АСПИРАНТА ДО ДОКТОРА
БИОЛОГИЧЕСКИХ НАУК, ПОЧЕТНОГО ПРОФЕССОРА ВИР: К 90-ЛЕТИЮ
ЛЮДМИЛЫ ИЛЬИНИЧНЫ КОСТИНОЙ**

Е.В. Рогозина

Федеральный исследовательский центр Всероссийский институт генетических ресурсов растений имени Н.И. Вавилова, Санкт-Петербург, Россия, e-mail: erogozina@vir.nw.ru

**THE LIFE'S WORK: A GLORIOUS WAY FROM GRADUATE STUDENT
TO DOCTOR OF BIOLOGICAL SCIENCES, HONORARY PROFESSOR OF VIR:
TO THE 90TH ANNIVERSARY OF LYUDMILA ILYINICHNA KOSTINA**

E.V. Rogozina

N.I. Vavilov All-Russian Institute of Plant Genetic Resources, St. Petersburg, Russia,
e-mail: erogozina@vir.nw.ru

Костина Людмила Ильинична родилась 8 мая 1933 г. в селе Гродеково Приморского края.

В 1957 году Костина с отличием окончила плодоовощной факультет Ленинградского сельскохозяйственного института (ЛСХИ) по специальности «агроном-плодоовощевод».

В 1961 г. Людмила Ильинична поступила в аспирантуру Всесоюзного научно-исследовательского института растениеводства (ВИР), которую окончила в 1964 г. С этого времени и до сегодняшнего дня ее трудовая и научная деятельность неразрывно связана с ВИР: младший научный сотрудник (1964–1978), старший научный сотрудник (1978–1990), ведущий научный сотрудник отдела клубнеплодов (1990–1993), главный научный сотрудник отдела клубнеплодов (ныне отдел генетических ресурсов картофеля ВИР) (1993 г. – по настоящее время).

Под научным руководством крупнейшего специалиста в области картофелеводства академика С.М. Букасова Людмила Ильинична Костина в 1965 г. успешно защитила диссертацию по теме «Методы описания и классификации сортов картофеля» на соискание ученой степени кандидата сельскохозяйственных наук по специальности 06.01.05 «Селекция и семеноводство сельскохозяйственных растений».

В 1990 г. Людмиле Ильиничне была присуждена ученая степень доктора биологических наук за диссертацию по теме «Классификация и генеалогия *Solanum tuberosum* L.» на соискание ученой степени доктора биологических наук по двум специальностям: 03.00.05 «Ботаника» и 06.01.05 «Селекция и семеноводство сельскохозяйственных растений».

Костина Людмила Ильинична – признанный авторитет в области классификации и генеалогии селекционных сортов картофеля, эрудированный ученый в ботаническом исследовании и систематизации возделываемых в мировом агропроизводстве картофелей, продолжатель работы своего учителя С.М. Букасова по вопросам происхождения и эволюции вида *S. tuberosum*.



Иностранные специалисты (слева направо): Э. Вилинох-Гузовска (Польша), А. Павелчак (Польша), П. Шмидхе (ГДР), Д. Тольцео (Перу) и доктор биологических наук Л.И. Костина на опытном поле Всесоюзного института растениеводства имени Н.И. Вавилова. Ленинград, 16.08.1990 г. (Российский государственный архив кинофотодокументов, URL: <http://photo.rgakfd.ru/photo/144154>).

Людмила Ильинична составила родословные 1500 сортов картофеля мирового сортамента, в том числе для 550 сортов картофеля России и стран СНГ, по потомствам.

Ею установлена возможность использования генеалогии сортов для систематики и выделения исходного материала для селекции картофеля. Эта работа не имеет аналогов у нас в стране и за рубежом. Классификация селекционных сортов (по сортотипам) представлена в девятом томе «Культурной флоры СССР».

В 2001 г. под руководством Людмилы Ильиничны разработана новая технология селекции картофеля на основе многоступенчатого скрининга генофонда.

Под руководством Людмилы Ильиничны Костиной пять аспирантов успешно защитили диссертации на соискание ученой степени кандидата сельскохозяйственных наук по специальности 06.01.05 «Селекция и семеноводство сельскохозяйственных растений».

В 2022 г. Л. И. Костиной за выдающиеся достижения в области генетики и селекции растений, а также за заслуги перед ВИР и научной общественностью присвоено звание почетного профессора ВИР.

Для молодых ученых важны напутственные слова Л.И. Костиной: «В нашем институте, созданном Вавиловым, исследования не делятся на “твои” и “мои”, они “наши” – поэтому и можно говорить о системных знаниях и об открытиях, основанных на многолетнем опыте. Идем в одном направлении – вот что такое ВИР» (Костина, 2023, С. 16).



Л.И. Костина, НПБ «Пушкинские и Павловские лаборатории ВИР», В поле, г. Пушкин, 2004 г. (Рогозина, 2023)



Ученые ВИР поздравляют с юбилеем Л.И. Костину, г. Пушкин, 2023 г. Слева направо: Ю.В. Ухатова, Е.К. Хлесткина (директор ВИР), Л.И. Костина, Е.Е. Радченко, О.С. Косарева, М.Н. Ситников, С.П. Зуева, Е.В. Рогозина (Рогозина, 2023)

Список литературы

Костина Л. А. Интервью доктора биологических наук, почетного профессора ВИР – Людмилы Ильиничны Костиной / интервью подготовили и провели: Е. Дылева, О. Чернышева // Людмила Ильинична Костина : (к 90–летию со дня рождения) / Л. В. Рогозина / под редакцией И. В. Котелкиной. Санкт-Петербург : ВИР, 2023. С. 11–16.

Рогозина Е. В. Людмила Ильинична Костина : (к 90–летию со дня рождения) / под редакцией И. В. Котелкиной ; Федеральный исследовательский центр Всероссийский институт генетических ресурсов растений им. Н.И. Вавилова. Санкт-Петербург : ВИР, 2023. 60 с. (Люди науки / ВИР).

КЛАССИФИКАЦИЯ И ИЗУЧЕНИЕ СОРТОВ КАРТОФЕЛЯ В КОЛЛЕКЦИИ ВИР: К 90-ЛЕТИЮ ЛЮДМИЛЫ ИЛЬНИЧНЫ КОСТИНОЙ

Е.В. Рогозина

Федеральный исследовательский центр Всероссийский институт генетических ресурсов растений имени Н.И. Вавилова, Санкт-Петербург, Россия, e-mail: erogozina@vir.nw.ru

CLASSIFICATION AND STUDY OF POTATO VARIETIES IN THE VIR COLLECTION: TO THE 90TH ANNIVERSARY OF LYUDMILA ILYINICHNA KOSTINA

E.V. Rogozina

N.I. Vavilov All-Russian Institute of Plant Genetic Resources, St. Petersburg, Russia,
e-mail: erogozina@vir.nw.ru

Научная деятельность Людмилы Ильиничны Костиной посвящена вопросам внутривидовой систематики картофеля *Solanum tuberosum* L., изучению разнообразия селекционных сортов и аборигенных сортов Чили. На первом этапе совместно с З.П. Жолудевой ею была проведена классификация районированных сортов картофеля СССР и зарубежных стран, имеющих длительную историю селекционной работы с картофелем. Классификация сортов, созданных в период с конца XIX века (начало научной селекции) до середины XX века, представляла трудную задачу в связи с длительной близкородственной гибридизацией. Впервые была выполнена группировка сортоформ в соответствии со странами, где проводилась интенсивная селекция – Англия, Германия, Голландия, Польша, США и Франция. Советские селекционные сорта выделили в самостоятельную группу с особыми сортоформами.

Л.И. Костина исследовала изменчивость морфологических признаков у дигамноидов сортов, что явилось значимым вкладом в решение вопросов эволюции и практику селекционной работы с картофелем. Отдаленная гибридизация на основе диамноидов *S. tuberosum* стала активно развиваться со второй половины XX века. Анализ морфологических признаков стебля, листа, соцветия, венчика, чашечки и генеративных органов у дигамноидов, созданных отечественными селекционерами или интродуцированных из разных стран, позволил определить набор морфологических отличий, характерных для дигамноидов, что расширило возможности проведения отбора таких форм на первых этапах селекции – в популяциях сеянцев с неокрашенным гипокотилем. Сравнение дигамноидов с диплоидными дикими видами из коллекции ВИР подтвердило положение, выдвинутое С.М. Букасовым о самостоятельном происхождении *S. tuberosum*.

«Внешним мерилем эволюции видов картофеля среди комплекса его органов на первом месте является именно лист», отмечал С.М. Букасов. Изменчивость морфологических признаков листа и стебля в онтогенезе растений была исследована Л.И. Костиной у сортов *S. tuberosum* и сортов, созданных методом межвидовой гибридизации, дигамноидов, староместных картофелей Чили, видов *S. andigenum* Juz. et Buk. и *S. demissum* Lindl. Установлены шесть основных фаз в онтогенезе листа, из которых первые две – фаза семядолей и фаза появления первых рассеченных листьев представляют особый интерес для целей систематики и селекции. Сделан вывод о необходимости учета фаз онтогенеза листа при изучении физиологических, биохимических показателей, устойчивости картофеля к заболеваниям и вредителям. Л.И. Костина установила связь скороспелости и высоты заложения первого цветonoса: у скороспелых форм число междоузлий до первого цветonoса меньше, чем у позднеспелых.

Изучение сортовой коллекции картофеля ВИР имело важное значение для решения актуальных народно-хозяйственных задач в стране. В 1948 г. на западной границе СССР

(прибалтийские республики и Калининградская обл.) был впервые обнаружен опасный паразит – золотистая цистообразующая картофельная нематода. Быстрое распространение очагов нематоды вызвало острую необходимость в отечественных устойчивых сортах. Интродукция в коллекцию ВИР зарубежных сортов, их изучение в разных природно-климатических условиях позволили выделить лучшие, отобрать из них исходный материал для селекции. Многолетнюю комплексную оценку сортов по устойчивости к фитофторозу, цистообразующим (золотистой и бледной) нематодам, парше обыкновенной, вирусам, по продуктивности, скороспелости, кулинарным и технологическим качествам проводили в системе опытных станций и в сотрудничестве с коллегами из других отделов ВИР и научных учреждений. Итогом проделанной работы становились рекомендации о возможности использования сортов в практической селекционной работе.

Изучение коллекции аборигенных сортов картофеля Чили было начато Л.И. Костиной в 1967–1977 гг. в продолжение исследований В.С. Лехновича. Группа аборигенных картофелей Чили представляет особую ценность коллекции ВИР, т. к. еще с середины прошлого столетия они подвержены риску исчезновения на родине. В состав коллекции ВИР входят образцы, собранные советскими экспедициями и присланные из Англии. Изучение картофелей Чили важно для решения вопроса происхождения европейского сортимента культуры, установления связи между аборигенными и селекционными европейскими сортами, для решения вопросов эволюции и систематики картофеля. Л.И. Костина систематизировала коллекцию, выделила 50 сортоформ аборигенных сортов Чили, составила их описание, определила принадлежность части выделенных сортоформ к соответствующим формам, установила, что некоторые чилийские местные сорта были непосредственно введены в культуру в странах Европы и СССР, изучила потомство от самоопыления местных картофелей Чили и провела анализ более 600 их названий. Л.И. Костина представила убедительные доказательства справедливости гипотезы отечественных ученых о происхождении культурного картофеля; мнения Н.И. Вавилова, С.М. Букасова, С.В. Юзепчука, В.С. Лехновича, А.Г. Зыкина, К.З. Будина, считавших, что в Южной Америке имеется два очага формирования культурных картофелей: один наиболее крупный, первичный, расположенный в районе перуанско-болливийского плоскогорья, и другой, менее значительный (вторичный) на побережье среднего и южного Чили. Этот вывод подтверждают работы сотрудников отделов молекулярной биологии и биотехнологии ВИР по изучению иммунохимического спектра белков клубней и полиморфизма ДНК картофеля.

Л.И. Костина, следуя концепции С.М. Букасова и В.С. Лехновича об объеме вида *S. tuberosum*, исправила неточности, допущенные ими в оформлении таксонов; представила два подвида: *S. tuberosum* subsp. *tuberosum* – все сорта картофеля, вошедшие в культуру за пределами горной зоны Южной Америки, и *S. tuberosum* subsp. *chiloense* (A.DC.) Kostina – аборигенные чилийские картофели. Л.И. Костина составила родословные 1500 сортов картофеля, в том числе для 550 сортов картофеля России и стран СНГ по потомствам, показала значение генеалогии сортов при выделении исходного материала для селекции картофеля. Эта работа не имеет аналогов у нас в стране и за рубежом. В 2001 году ею разработана новая технология селекции картофеля на основе многоступенчатого скрининга генофонда, которая стала логическим продолжением исследований в области систематики и классификации селекционных сортов картофеля.

Список литературы

Букасов С.М., Камераз А.Я. Основы селекции картофеля. Москва ; Ленинград : Сельхозгиз, 1959. 528 с.

Рогозина Е.В. Людмила Ильинична Костина: (к 90-летию со дня рождения) / под редакцией И.В. Котелкиной. Санкт-Петербург: ВИР, 2023. 60 с. (Люди науки / ВИР).

ПОЗДРАВЛЕНИЯ С 90-ЛЕТИЕМ Л.И. КОСТИНОЙ

Дорогая Людмила Ильинична! Сердечно поздравляю Вас с ЮБИЛЕЕМ! В этот день хочется пожелать Вам – здоровья, неутомимости в научном поиске, всегда светлого настроения, а тем, кто имеет счастье Вас окружать – суметь впитать ценнейшие знания, невероятно цельный подход к своей работе, любовь к своему делу, щедрость и непревзойденную человечность.

С уважением, директор ВИР Е.К. Хлесткина. 8 мая 2023 г.



Уважаемая Людмила Ильинична! Примите искренние и сердечные поздравления с юбилеем от коллектива Южно-Уральского научно-исследовательского института садоводства и картофелеводства! Вы выбрали нелегкий путь – путь ученого. В далеком 1961 году Вы поступили в аспирантуру, а сейчас Вы являетесь шестым Почетным профессором ВИР им. Н.И. Вавилова. И сейчас мы благодарим Вас за все те открытия и достижения, которые позволили картофелеводству России шагнуть на принципиально новый уровень. Сегодня Ваши труды изучают молодые ученые, они стали настольными книгами для многих селекционеров, картофелеводы со стажем учились на них. Вами опубликовано более 190 работ, среди них многочисленные методические указания по изучению и поддержанию коллекций картофеля. Под Вашим руководством 5 аспирантов защитили кандидатские диссертации. В этот знаменательный день желаем Вам крепкого здоровья, творческих успехов, добра, благополучия в семье и благодарных учеников!

Руководитель ЮУНИИСК – филиала ФГБНУ УрФАНИЦ УрО РАН К.С. Сатбаев. 2023 г.

Глубокоуважаемая Людмила Ильинична! Примите от коллектива отдела картофелеводства и овощеводства ФНЦ агробиотехнологий Дальнего Востока им. А.К. Чайки и от меня лично теплые, искренние поздравления с юбилейной датой! К этой дате Вы подошли со всем многообразием своих достижений, признания и уважения коллег. Результаты Ваших научных работ по систематике, вопросам эволюции и выделению исходного материала из коллекции ВИР широко применяются в селекции и семеноводстве картофеля. Вами внесен значительный вклад в развитие картофелеводства России. Людмила Ильинична, с благодарностью вспоминаю Вас как своего первого оппонента диссертационной работы! От всего сердца желаем Вам благополучия, огромного запаса сил, бодрости духа, добрых и веселых событий! В день славного юбилея, уважаемая Людмила Ильинична, примите наши искренние поздравления. Пусть Вас окружает внимание, тепло и забота дорогих и близких людей, и жизнь Ваша будет наполнена светом и добротой! Счастья, здоровья и благополучия Вам и Вашей семье!

Ведущий научный сотрудник отдела картофелеводства и овощеводства, канд. с.-х. наук, И.В. Ким. 2023 г.

Уважаемая Людмила Ильинична! Примите самые теплые и искренние поздравления с замечательным юбилеем! Каждый очередной день рождения открывает новую страницу в судьбе человека, и каждому предоставляется уникальная возможность реализовать самые теплые планы и заветные мечты. От всего сердца желаем, чтобы и в дальнейшем удача сопутствовала всем Вашим делам и начинаниям, чтобы с успехом покорялись новые профессиональные вершины, и каждый день согревался теплом и любовью дорогих Вам людей. Пусть сила духа, мудрость и оптимизм сопутствуют Вам во всем. Пусть рядом всегда будут надежные люди, а в вашем доме царит любовь и согласие! В этот день примите самые искренние пожелания крепкого здоровья, благополучия, счастья, удачи, бодрости духа, неиссякаемой жизненной энергии и душевного оптимизма!

С уважением, директор Чувашского НИИСХ – филиала ФГБНУ ФАНЦ Северо-Востока А.А. Фадеев. 2023 г.

Уважаемая Людмила Ильинична! Сердечно поздравляем Вас с 90-летним юбилеем! Жизнь подобна книге, где каждая страница уникальна и написана раз и навсегда – без черновиков. Ваша книга жизни – это настоящий шедевр, где за одной увлекательнейшей главой следует другая, еще более увлекательная и достойная. Ваша профессиональная деятельность – яркий пример многолетнего добросовестного служения благородному делу – науке. Мудрость, огромный жизненный опыт, высочайший профессионализм, трудолюбие и самоотдача снискали Вам заслуженный авторитет, признание и уважение коллег и учеников. Желаем Вам доброго здоровья, неиссякаемой энергии и оптимизма, удачи, новых успехов во благо науки!

Директор Фаленской селекционной станции – филиала ФГБНУ ФАНЦ Северо-Востока О.Л. Онучина, старший научный сотрудник лаборатории селекции и семеноводства картофеля, Ваша ученица Н.Ф. Синцова. 2023 г.

Уважаемая Людмила Ильинична!

Вас с юбилеем поздравляю
И в Ваши девяносто лет
От всего сердца пожелаю
Здоровья, радости, побед.

Пусть Ваши не иссякнут силы,
А сердце от любви поет,
Адреналин течет по жилам
И к приключениям зовет.

От имени коллектива ФГБНУ Мурманская ГСХОС и. о. директора А.П. Карташова. 2023 г.

Дорогая Людмила Ильинична! Сердечно поздравляем Вас со знаменательной, Юбилейной датой – 90–летием со дня рождения и 62–летием плодотворной работы в отделе клубнеплодов ВИР! Ваши исследования по генетическому разнообразию культурных сортов картофеля позволили выделить на основе анализа их родословных образцы с необходимыми хозяйственно-ценными признаками для дальнейшей работы с ними. Вы автор наименования ряда ботанических таксонов рода *Solanum*. Вами опубликовано более 190 печатных работ: среди них - многочисленные методические указания по изучению и поддержанию картофеля. Вам присвоено почетное звание профессора ВИР имени И. И. Вавилова. Под Вашим руководством и непосредственном участии собран уникальный генофонд картофеля, который является базой научных исследований и исходным материалом для селекционной работы в России и за рубежом. Ваши научные достижения широко известны не только в России, но и в других странах. Вы, Людмила Ильинична, вносите огромный вклад в дело подготовки научных кадров, имеете последователей и продолжателей Ваших научных изысканий. Под вашим руководством 5 аспирантов защитили кандидатские диссертации. Дорогая Людмила Ильинична! Минуло 90 лет со дня Вашего рождения. Это были годы творческих исканий, напряженного труда. И нам, Вашим коллегам, приятно отметить, что этот торжественный день Вы встречаете в расцвете творческих сил, в заботах о благе развития растениеводческой науки. Желаем Вам крепкого здоровья, счастья, творческих находок и успехов.

По поручению коллектива Майкопской ОС – филиала ВИР, директор Ю.А. Сапиев. 2023 г.

Уважаемая Людмила Ильинична! Мы сердечно поздравляем Вас с юбилеем! Благодарим Вас за многолетний труд, результатами которого пользуются в России и за рубежом, за плодотворное сотрудничество с нашим отделом при выполнении совместных работ по изучению генетического разнообразия селекционных сортов и культурных видов картофеля, за открытость и готовность всегда прийти на помощь с ценными советами. Также хотим сказать спасибо за Ваш оптимизм, энергию и интерес к своей работе, что является примером и образцом подражания для сотрудников нашего института, в особенности для молодого поколения.

С уважением, д-р биол. наук Т.А. Гавриленко, сотрудники отдела биотехнологии и лаборатории молекулярной селекции и ДНК-паспортизации ВИР. 2023 г.

Дорогая Людмила Ильинична! От имени отдела зернобобовых хочу выразить свое восхищение Вашим неиссякаемым интересом к жизни и к Вашему объекту исследования – к любимой кормилице русского народа – картошке. Вы знаете свои сорта, их родословные и гены, наверное, лучше всех на этой планете. Вы – великий пример для подражания. Желаю Вам дальнейших успехов в изучении филогении картофеля, здоровья, энергии, добра и тепла! Мы Вас очень любим!

С уважением, д-р биол. наук М.А. Вишнякова и коллектив отдела генетических ресурсов зернобобовых культур. 2023 г.

Уважаемая Людмила Ильинична! От всего сердца поздравляем с 90–летием! Желаем, чтобы здоровье не подводило, жизнелюбие и оптимизм никогда не иссякали, а близкие люди радовали своей заботой и вниманием. Пусть современный мир смотрит на Вас и завидует Вам, Вы прямое доказательство тому, что возможности человека не ограничены, можно и в 90 лет быть прекрасным, красивым, мудрым и умным человеком, отлично выглядеть и излучать позитив. Пусть каждый день дарит радость и положительные эмоции.

С уважением, зам. директора А.А. Заварзин, зам. директора Ю.В. Ухатова, советник директора О.А. Чернышева, и.о. зав. аспирантурой А.А. Леншин, сотрудники отдела управления проектами ВИР. 2023 г.

Поздравляем с юбилеем! 90 лет. Дорогая Людмила Ильинична! Желаем Вам крепкого здоровья, долгих лет жизни, новых творческих успехов! Пусть каждый новый день приносит Вам радость!

Сотрудники лаборатории длительного хранения генофонда растений ВИР. 2023 г.

Чудесный праздник – 90!
Достойный путь труда и созиданья.
И Вам, как юбиляру-орденоносцу.
Спешим мы искреннее выразить
признание.

Здоровья Вам и долгих лет.
Пусть в этом Вам поможет поле.
Желаем здравствовать и впредь,
А чтоб поддерживать здоровье –
Уму и сердцу – не стареть!

Ваши коллеги-генетики ВИР. 2023 г.

Дорогая Людмила Ильинична! Поздравляем Вас со столь славным Юбилеем! Мы рады работать вместе с Вами. Вы для нас пример доброты и строгости одновременно, трепетного отношения к коллекции, к науке и научным результатам. Ваш труд по созданию мировой генеалогии картофеля бесценен и войдет в историю. Вам посчастливилось работать с такими корифеями, как С.М. Букасов и В.С. Лехнович, а Вашим аспирантам и коллегам посчастливилось работать с Вами. Вы достойно передали эстафету преданности виrowsким традициям. Восхищает и не оставляет никого равнодушным бесконечная мудрость и теплота Ваших глаз, доброта Вашего сердца, неукротимая энергия, целеустремленность и трудолюбие. Ваш многолетний труд – огромный вклад в развитие отечественно и мировой науки! Счастья, радости, душевного и физического здоровья на долгие годы!

С пожеланием здоровья и благополучия, коллектив отдела генетических ресурсов масличных и прядильных культур ВИР. 2023 г.



Л. И. Костина, 2023.
URL: https://vk.com/wall-176529307_1681

К юбилею Л.И. Костиной

Особый день рождения нынешний
У нашей дорогой Ильиничны.
Недаром звать ее Людмила,
Она всегда всем людям мила,
Но стала нам еще милей
В свой достославный юбилей.
В науке пользуется славой,
Была она рукою правой
Букасова – всем нам папаша,
Теперь сама мамаша наша,
И вот уже немало лет
Картофельный авторитет.
Но остается скромною,
Выводит родословные
Картофельных сортов,

Их знает, как никто.
Не лишь за это в нашем круге
Мы ценим Костиной заслуги.
Она приветлива всегда,
Не жесточат ее года.
На мир сей смотрит не сурово,
А потому вполне здорова.
Пускай же будет такой впредь,
Чтоб было некогда болеть.
Чтоб интересных много дел
Сопровождал ее удел.
Так пожелаем юбилярше
Такой же быть живой и дальше!
И источать на нас свой свет
Еще премного, много лет.

Коллектив отдела генетических ресурсов картофеля ВИР. 2023 г.
(автор Э.В. Трускинов, 2013 г.).

Уважаемая Людмила Ильинична! Поздравляем Вас с прекрасным и волшебным юбилеем! 90–летие – без десяти лет целый век...! Желаем великолепного самочувствия, благополучия, бодрости духа, крепкой памяти и острого зрения, вдохновения для дальнейшего творчества!

Коллектив отдела генетических ресурсов пшеницы ВИР. 2023 г.



ЗАКРЫТИЕ КОНФЕРЕНЦИИ

CLOSING OF THE CONFERENCE

в рамках соглашения
№ 075-15-2021-1050
(от 28.09.2021)



ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ НАЦИОНАЛЬНОЙ СЕТЕВОЙ КОЛЛЕКЦИИ ГЕНЕТИЧЕСКИХ РЕСУРСОВ РАСТЕНИЙ

**И.Г. Лоскутов¹, И.И. Супрун², М.Ф. Цой³, Т.В. Жидехина⁴, Р.В. Кулян⁵,
С.Н. Евдокименко⁶, Ю.В. Ухатова¹, Е.К. Хлесткина¹**

¹Федеральный исследовательский центр Всероссийский институт генетических ресурсов растений имени Н.И. Вавилова, Санкт-Петербург, Россия, e-mail: i.loskutov@vir.nw.ru

²Северо-Кавказский федеральный научный центр садоводства, виноградарства, виноделия, Краснодар, Россия

³Всероссийский научно-исследовательский институт селекции плодовых культур, Орел, Россия

⁴Федеральный научный центр имени И.В. Мичурина, Мичуринск, Россия

⁵Федеральный исследовательский центр «Субтропический научный центр Российской академии наук», Сочи, Россия

⁶Федеральный научный селекционно-технологический центр садоводства и питомниководства, Москва, Россия

DEVELOPMENT PROSPECTS OF THE NATIONAL NETWORK COLLECTION OF PLANT GENETIC RESOURCES

**I.G. Loskutov¹, I.I. Suprun², M.F. Tsoi³, T.V. Zhidekhina⁴, R.V. Kulyan⁵,
S.N. Evdokimenko⁶, Yu.V. Ukhatova¹, E.K. Khlestkina¹**

¹N.I. Vavilov All-Russian Institute of Plant Genetic Resources, St. Petersburg, Russia, e-mail: i.loskutov@vir.nw.ru

²North-Caucasian Federal Scientific Center of Horticulture, Viticulture, Winemaking, Krasnodar, Russia

³Russian Research Institute of Fruit Crop Breeding, Orel, Russia

⁴I.V. Michurin Federal Scientific Center, Michurinsk, Russia

⁵Subtropical Scientific Center of the Russian Academy of Sciences, Sochi, Russia

⁶Federal Horticultural Center for Breeding, Agrotechnology and Nursery, Moscow, Russia

Проект по развитию биоресурсной коллекции «Национальная сетевая коллекция генетических ресурсов растений для эффективного научно-технологического развития РФ в сфере генетических технологий» реализуется в 2021–2023 гг.

Внедрение новых дорогостоящих форм работы с коллекциями генетических ресурсов растений требует особого внимания к рациональному использованию кадрового, инфраструктурного и иных ресурсов, предназначенных для обеспечения сохранения генетических ресурсов растений, что в свою очередь указывает на потребность сетевого взаимодействия организаций, имеющих схожие типы коллекций, развития единой базы паспортных данных, создания общей стратегии сбора и сохранения, единых принципов доступа к образцам генетических ресурсов растений. Особую актуальность имеет сетевой принцип работы с вегетативно размножаемыми культурами, образцы которых не могут централизованно храниться в банке семян, а требуют географически распределенного полевого генного банка (особенно актуально для Российской Федерации с ее многообразием климатических зон). В рамках настоящего проекта интегрированы в единую структуру БРК коллекции плодовых и ягодных культур ведущих научно-исследовательских организаций России: Федеральный исследовательский центр Всероссийский институт генетических ресурсов растений им. Н.И. Вавилова, Федеральный научный селекционно-технологический центр садоводства и питомниководства, Северо-Кавказский федеральный научный центр садоводства, виноградарства, виноделия, Федеральный научный центр имени И.В. Мичурина, Всероссийский научно-

исследовательский институт селекции плодовых культур, Федеральный исследовательский центр «Субтропический научный центр Российской академии наук». Полученный в ходе осуществления проекта информационный ресурс становится ядром национальной коллекции генетических ресурсов растений. На основании предоставленных сведений шести организаций пополнена национальная интегрированная база генетических коллекций растений, зарегистрированная в Российской Федерации (<http://db.vir.nw.ru/virdb/maindb>). Разработанная в ходе реализации проекта программа для ЭВМ «Дата-платформа сетевой коллекции генетических ресурсов растений (ДПГРР)» будет запатентована.

Реализация проекта позволила внедрить единые стандарты для идентификации образцов коллекции (номенклатурный стандарт), сформировать единые формы генетических, регенерационных, биохимических, агробиологических паспортов на сорта. В дальнейшем предложенные и валидированные в ходе проекта методики и подходы к характеристике образцов будут формализованы в виде методических рекомендаций.

Проведенные мероприятия, не просто соответствующие мировым стандартам, но во многом задающие новые стандарты мирового уровня по работе с биоресурсными коллекциями, будут способствовать эффективности научно-технологического развития России в сфере генетических технологий и конкурентоспособности нашей страны в этой области, предоставляя отечественным исследователям востребованный материал, данные и стандарты, которые будут содействовать (1) приоритетному поиску новых геномишеней, (2) выбору эффективных образцов для редактирования, (3) надежному сохранению нового ценного материала, созданного при помощи генетических технологий; (4) безопасности в сфере применения генетических технологий.

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.

Алфавитный указатель авторов тезисов / Alphabetical index of abstract authors

- Акимова Д.Е. 95
Алпатъева Н.В. 89
Аль-Накиб Е.А. 179
Андреева А.С. 83
Андрианов А.Д. 122
Андрианов Д.А. 122
Анисимова И.Н. 83
Антонов А.А. 166
Антонова О.Ю. 28, 93
Аппаев С.П. 39
Артемяева А.М. 116
Барабанов И.В. 125
Баранова О.А. 146
Башко Д.В. 85
Белоусова М.Х. 72, 161
Бондаревич Е.Б. 53
Брач Н.Б. 98
Булгаков В.П. 43
Бурляева М.О. 87
Бурсаков С.А. 127
Вишнякова М.А. 41
Владимирова А.В. 163
Вожжова Н.Н. 139
Гавриленко Т.А. 28
Голубова В.А. 139
Гончаров А.А. 43
Гордей И.С. 53
Гордей С.И. 53
Горпенченко Т.Ю. 43
Гриб С.И. 56
Григорьев Ю.Н. 150
Гуркина М.В. 87
Дедова А.Е. 45
Демурич Я.Н. 129
Должикова М.А. 25, 32
Дудников М.В. 96, 129
Дунаева С.Е. 28
Евдокименко С.Н. 35, 193
Евсеева Т.А. 43
Егги Э.Э. 108
Егорова Г.П. 41
Ерастенкова М.В. 169
Ермошин А.А. 47, 171
Ершова Н.М. 105, 131, 135
Жидехина Т.В. 193
Журавлев Ю.Н. 43
Заварихина Е.А. 89
Звейнек И.А. 95
Иванова Ю.В. 161
Игошин А.В. 150
Исаков И.Ю. 133
Исаков Ю.Н. 133
Калинина Н.В. 139
Калыбекова Ж.Т. 159
Камарова К.А. 105, 131, 135
Камнев А.М. 28
Керв Ю.А. 118
Кибальник О.П. 137
Кибкало И.А. 66
Киров И.В. 129
Киселев К.В. 43
Киселева И.С. 47
Кислин Е.Н. 169
Клименко И.А. 166
Коваленко Н.М. 146
Коваленко Т.В. 174
Козлов В.А. 85
Колесова А.Ю. 175
Колесова М.А. 182
Комарова Т.В. 105, 131, 135
Конарев А.В. 110
Кондратьева А.В. 91
Копытина Т.В. 148
Коробкова Т.С. 101
Костылев П.И. 139
Крупин П.Ю. 127
Крылова Е.А. 87, 91
Кузьменко Н.В. 142
Кулешов А.С. 49
Кулян Р.В. 49, 193
Кутузова С.Н. 98
Лангаева Н.Н. 51
Лоскутов И.Г. 30, 193
Люсиков О.М. 53
Ляпунова О.А. 83
Мавлютова Л.И. 175
Макаов А.К. 93
Манукян И.Р. 144
Мартиросян Г.С. 78
Матаева О.Х. 39
Матвеева Т.В. 98
Матиевская О.С. 53
Матыс И.С. 56
Межина К.М. 59
Мироненко Н.В. 146
Митрофанова О.П. 146
Михайлова А.С. 98
Михалькович И.А. 85
Муругова Г.А. 142
Наконечная О.В. 43
Нековаль С.Н. 62, 76
Николин Е.Г. 101
Новикова Л.Ю. 64, 68, 174
Обухова Н.С. 66
Павленко А.А. 25, 32
Павлов А.В. 98

Панин В.М. 163, 175
Перчук И.Н. 112, 118
Пикула К.С. 101
Пикунова А.В. 25, 32
Пищик В.Н. 72
Плющ О.В. 177
Подгаецкий М.А. 35
Попов В.С. 113, 118
Пороховинова Е.А. 98
Привалов Ф.И. 56
Радченко Е.Е. 95
Рахмангулов Р.С. 125
Рекославская Н.И. 148
Рогозина Е.В. 89, 116, 185, 187
Розанова И.В. 150
Рубец В.С. 51
Русецкий Н.В. 85
Садиков А.Т. 152, 154
Саенко К.Ю. 96, 129
Сарикян К.М. 78
Сарсенова С.Х. 163
Сацюк И.В. 53
Семанюк Т.В. 85
Семилет Т.В. 98
Слободкина А.А. 98
Смоленская А.Е. 113
Соловьев А.А. 129
Соловьева А.Е. 116, 118
Соловьева М.В. 66
Степанов И.В. 179
Супрун И.И. 179, 193
Таловина Г.В. 101
Тептина А.Ю. 171
Тихонова Н.Г. 59, 68, 169
Тихонова О.А. 101
Токмаков С.В. 37, 179
Уланов А.К. 157
Ухатова Ю.В. 30, 169, 174, 193
Филиппова П.С. 72
Филь И.В. 177, 180
Ханды М.Т. 43
Харченко А.А. 59, 68
Хвостова А.Б. 70
Хлесткина Е.К. 24, 30, 150, 193
Хорева В.И. 110, 118
Хохленко А.А. 169
Цветкова Ю.В. 144
Цветова М.И. 175
Цой М.Ф. 193
Цыганков А.В. 159
Цыганков В.И. 159
Цыганкова Н.В. 159
Чашинский А.В. 85
Чеботарь В.К. 72
Чернякович М.Н. 62, 76
Чижевская Е.П. 72
Чикида Н.Н. 72, 161
Чурикова А.К. 62, 76
Шабоян Г.Г. 78
Шанинов Т.С. 159
Швачко Н.А. 98
Шеленга Т.В. 72, 118
Шерстобитов В.В. 182
Шешукова Е.В. 105, 131, 135
Шимко В.Е. 53
Шкрыль Ю.Н. 43
Щеклеина Л.М. 80
Эльконин Л.А. 163, 175
Яговцева Н.Д. 28
Яндиева А.Р. 39

научное текстовое электронное издание

ГЕНЕТИЧЕСКИЕ РЕСУРСЫ РАСТЕНИЙ ДЛЯ ГЕНЕТИЧЕСКИХ ТЕХНОЛОГИЙ

**Тезисы докладов
Всероссийской научной конференции,
проходящей в рамках Второго научного Форума
«Генетические ресурсы России»**

г. Санкт-Петербург, 26–27 июня 2023 г.

Под редакцией
д-ра биол. наук, проф. РАН **Елены Константиновны Хлесткиной**,
канд. биол. наук **Юлии Васильевны Ухатовой**,
д-ра биол. наук **Елены Александровны Соколовой**

Печатается в авторской редакции

Подписано к использованию 25.11.2023 Объем издания 10,04 МБ Комплектация издания – 1 pdf файл

Научный редактор *Е.А. Соколова*
Редактор: *И.В. Котелкина*
Переводчик *С.В. Шувалов*
Корректоры *Ю.С. Чепель-Малая, Н.И. Летюка*
Технический редактор: *Н.И. Летюка*

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 978-5-907780-00-2



9 785907 780002 >

