

Министерство науки и высшего образования
Российской Федерации

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



ВИР-130:

ГЕНЕТИЧЕСКИЕ РЕСУРСЫ РАСТЕНИЙ

к 130-летию со дня учреждения
Бюро по прикладной ботанике
при Ученом комитете
Министерства земледелия
и государственных имуществ
Российской империи

МАТЕРИАЛЫ КОНФЕРЕНЦИИ

5 – 9 ноября 2024 года
· Санкт-Петербург ·

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации

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



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



Национальный центр
генетических ресурсов
растений



ВИР – 130: ГЕНЕТИЧЕСКИЕ РЕСУРСЫ РАСТЕНИЙ:

к 130-летию со дня учреждения
Бюро по прикладной ботанике
при Ученом комитете Министерства земледелия
и государственных имуществ Российской империи

Материалы конференции

г. Санкт-Петербург, 05–09 ноября 2024 г.

Санкт-Петербург, 2024



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

ББК 28.54я431 + 42я431

В52

ВИР – 130 : Генетические ресурсы растений : к 130-летию со дня учреждения Бюро по прикладной ботанике при Ученом комитете Министерства земледелия и государственных имуществ Российской империи : материалы конференции, г. Санкт-Петербург, 05–09 ноября 2024 г. : научное электронное издание / под общей редакцией Е. К. Хлесткиной ; Федеральный исследовательский центр Всероссийский институт генетических ресурсов растений им. Н.И. Вавилова. – Санкт-Петербург : ВИР, 2024. – 493 с. : табл., ил.

ISBN 978-5-907780-13-2

Представлены программа и тезисы конференции «ВИР – 130: Генетические ресурсы растений», приуроченной к 130-летию с даты учреждения Бюро по прикладной ботанике при Ученом комитете Министерства земледелия и государственных имуществ Российской империи, которая проходила в г. Санкт-Петербурге, 05–09 ноября 2024 г. (далее – Мероприятие/Конференция).

Конференция была посвящена современным вопросам сохранения генетических ресурсов культурных растений и их диких родичей *ex situ* и *in situ*, их изучения и использования для обеспечения продовольственной безопасности и технологического развития России. Конференция объединила серию мероприятий и круглых столов, призванных осветить всю широту современных направлений работы с коллекциями генетических ресурсов растений и их применения в фундаментальной науке, медицине, сельском хозяйстве, промышленности. В рамках цикла «Знание о России» прошло торжественное заседание и состоялся расширенный видеолекторий «Генетические ресурсы растений: научное и культурно-историческое наследие».

Конференция проведена при поддержке Научного центра мирового уровня «Агротехнологии будущего», в рамках реализации Национального проекта «Науки и университеты» и мероприятий «Десятилетия науки и технологий в Российской Федерации», а также программы «Хлеба России»."

Для широкого круга специалистов в сфере работ с биоресурсными коллекциями, в области селекции, генетики, биотехнологии, биохимии и физиологии растений, в том числе студентов, аспирантов, молодых ученых и специалистов.

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/2024/03/19/konferentsiya-vir-130-geneticheskie-resursy-rastenij-5-9-noyabrya-2024-goda-sankt-peterburg/>

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

ББК 28.54я431 + 42я431

ISBN 978-5-907780-13-2

DOI 10.30901/978-5-907780-13-2

© Федеральный исследовательский центр
Всероссийский институт генетических
ресурсов растений имени Н.И. Вавилова
(ВИР), 2024

© Авторы статей, 2024

© Е. А. Чарушина-Капустина, оформление
обложки, 2024

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)



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



Национальный центр
генетических ресурсов
растений



VIR – 130: PLANT GENETIC RESOURCES:

**On the 130th anniversary of the establishment
of the Bureau of Applied Botany
under the Scientific Committee of the Ministry
of Agriculture and State Property of the Russian Empire**

Conference Proceedings

St. Petersburg, November 5–9, 2024

St. Petersburg, 2024



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

VIR – 130 : Plant Genetic Resources : On the 130th anniversary of the establishment of the Bureau of Applied Botany under the Scientific Committee of the Ministry of Agriculture and State Property of the Russian Empire : Conference Proceedings, St. Petersburg, November 5–9, 2024 : scientific online edition / E. K. Khlestkina, gen. ed. ; N.I. Vavilov All-Russian Institute of Plant Genetic Resources. – St. Petersburg : VIR, 2024. – 493 p. : tab., ill.

ISBN 978-5-907780-13-2

The program and abstracts of the Conference *VIR – 130: Plant Genetic Resources* are presented. It was dedicated to the 130th anniversary of the establishment of the Bureau of Applied Botany under the Scientific Committee of the Ministry of Agriculture and State Property of the Russian Empire, and held in St. Petersburg on November 5-9, 2024 (hereinafter referred to as the Event/Conference).

The Conference approached current issues of *ex situ* and *in situ* conservation of the genetic resources of cultivated plants and their wild relatives, their study and utilization, to ensure food security and technological development of Russia. The conference brought together a series of events and round tables with the aim to highlight the full extent of contemporary trends in the management of plant genetic resources collections and their application in fundamental science, medicine, agriculture, and industry. As part of the *Knowledge of Russia* cycle, a celebratory meeting and an extended video lecture *Plant Genetic Resources: Scientific, Cultural and Historical Heritage* were held.

The Conference was convened with support from the World-Class Scientific Center *Agrotechnologies of the Future* within the framework of the National Project *Sciences and Universities*, the events of the Decade of Science and Technology in the Russian Federation, and the *Bread of Russia* Project.

Addressed to a wide range of experts in bioresource collection management and in the fields of plant breeding, genetics, biotechnology and physiology, including undergraduate and postgraduate students, young scientists and specialists.

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/2024/03/19/konferentsiya-vir-130-geneticheskie-resursy-rastenij-5-9-noyabrya-2024-goda-sankt-peterburg/>

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

ISBN 978-5-907780-13-2

DOI 10.30901/978-5-907780-13-2

© Federal Research Center
the N.I. Vavilov All-Russian Institute
of Plant Genetic Resources (VIR), 2024

© Authors of the articles, 2024

© E. A. Charushina-Kapustina, cover design, 2024

ОГЛАВЛЕНИЕ

<i>Хлесткина Е.К.</i> Вступительное слово	29
МЕРОПРИЯТИЕ № 1. СОХРАНЕНИЕ <i>EX SITU</i> И <i>IN SITU</i> И МОБИЛИЗАЦИЯ ГЕНЕТИЧЕСКИХ РЕСУРСОВ	31
<i>Артемяева А.М.</i> Основные направления мобилизации овощных и бахчевых культур ВИР	32
<i>Баталова Г.А.</i> Генетический фонд ВИР как основа эффективной селекции на примере овса	33
<i>Вахрушева В.В., Прядильщикова Е.Н.</i> Возделывание капусты кормовой 'Мозговая зеленая вологодская' в условиях Вологодской области	36
<i>Волкова Г.В., Руденко В.Д., Кудинова О.А.</i> Устойчивость образцов мягкой пшеницы из коллекции ВИР к ржавчинным заболеваниям в разные фазы онтогенеза	37
<i>Дунаева С.Е., Тацкий А.В., Кузьмина Е.В., Лисицына О.В., Гавриленко Т.А.</i> Сохранение образцов селекционных сортов и дикорастущих видов малины и ежевики в контролируемых условиях среды	39
<i>Колесникова Е.О., Бердников Р.В.</i> Сохранение коллекционного материала <i>Beta vulgaris</i> L. <i>in vitro</i>	41
<i>Красинская Т.А., Кирченко А.В.</i> Развитие растений-регенерантов технических сортов винограда на питательных средах с различной концентрацией 6-бензиладенина	43
<i>Курина А.Б., Зверева О.А.</i> Формирование коллекции пряно-вкусовых и лекарственных культур ВИР	45
<i>Лоскутов И.Г.</i> Систематический сбор, комплексное изучение, надежное сохранение и устойчивое использование генетических ресурсов зерновых культур: 130-летний опыт ВИР	47
<i>Павлова И.А.</i> Сохранение генофонда винограда в системе <i>in vitro</i> : технологические особенности	50
<i>Прядильщикова Е.Н., Вахрушева В.В.</i> Возделывание рапса ярового в условиях Вологодской области	52
<i>Ромаданова Н.В., Земцова А.С., Толеген А.Б., Артимович Н.А., Алтаева Н.А., Кушнарченко С.В.</i> Изучение природных популяций и сохранение <i>ex situ</i> биоразнообразия редких исчезающих растений семейства <i>Rosaceae</i>	53
<i>Ухатова Ю.В.</i> Сохранение генетических ресурсов растений <i>ex situ</i> – новый функционал в XXI веке	55
МЕРОПРИЯТИЕ № 1. Сохранение <i>ex situ</i> и <i>in situ</i> и мобилизация генетических ресурсов. Стендовые доклады	57
<i>Артемяева А.М., Кривченко О.А.</i> Развитие альтернариоза (<i>Alternaria</i> spp.) на капустных культурах <i>Brassica oleracea</i> L. в Северо-Западном регионе Российской Федерации	58
<i>Гулин А.В.</i> Использование генетического разнообразия в селекции новых сортов овощных культур	59
<i>Дементьев А.В., Митрофанова О.П.</i> Опыт репродуцирования семян озимой мягкой пшеницы после их длительного хранения	61
<i>Долгова Е.Л., Гриб С.И., Позняк Е.И., Юшкевич И.В.</i> К вопросу создания целевых признаков коллекций по биохимическому качеству зерна тритикале и озимой ржи в Беларуси	63
<i>Думачева Е.В., Разин О.А., Сайфутдинова Л.Д.</i> Использование фотосинтетических параметров в селекции <i>Medicago varia</i> Mart.	65
<i>Зайцева Н.А., Тютюма Н.В.</i> Изучение и поддержание коллекции <i>Carthamus tinctorius</i> L. в условиях Северного Прикаспия	67

Крылова А.С., Тоцаков С.В. Опыт масштабного генотипирования российских сортов пшеницы (<i>Triticum aestivum</i> , <i>T. durum</i>) и ржи (<i>Secale cereale</i>)	70
Мавлютов Ю.М., Кривонуск Е.Ю. Анализ генетического разнообразия образцов ежи сборной (<i>Dactylis glomerata</i> L.) с использованием микросателлитных ДНК-маркеров	72
Мусина Р.Т., Ишмуратова М.Ю., Гаврилькова Е.А., Тлеукенова С.У. Влияние процесса барботирования на всхожесть семян <i>Gypsophila altissima</i>	74
Мясоедов В.В. Роль случайных факторов в создании сортов сельскохозяйственных культур с новыми хозяйственно-биологическими признаками на примере получения образцов льна масличного, устойчивых к имидазолинонам	76
Павлова О.А. Генетическая коллекция сортов земляники садовой на Свердловской селекционной станции садоводства на 2024 год	78
Привалов Ф.И., Гриб С.И., Матыс И.С., Лавникевич А.С. Формирование коллекции <i>ex situ</i> и результаты использования в селекции генетических ресурсов хозяйственно полезных растений в Республике Беларусь	80
Пюккенен В.П., Кибкало И.А., Пендинен Г.И., Митрофанова О.П. Показатели качества зерна у линий пшеничного типа от скрещивания мягкой пшеницы из Китая с рожью посевной	82
Радченко Е.Е., Анисимова И.Н., Кибкало И.А., Рязанова М.К., Малашонок А.С., Алпатьева Н.В., Абдуллаев Р.А. Новые линии сорго (<i>Sorghum bicolor</i> (L.) Moench) – восстановители фертильности пыльцы, устойчивые к обыкновенной злаковой тле	84
Рамазанов А.К., Шашков М.П., Ишмуратова М.Ю., Иванова Н.В., Гаврилькова Е.А., Тлеукенова С.У., Мусина Р.Т. Мобилизация данных о распространении плодово-ягодных растений флоры Центрального Казахстана	85
Трифонов А.А., Борис К.В., Мальчиков П.Н., Кудрявцев А.М. Изучение вариабельности гена альдегидоксидазы АО-А3 у отечественных сортов твердой пшеницы	87
Филипенко Г.И., Афанасьева Ю.В., Забегаева О.Н., Сафина Г.Ф., Зуев Е.В. Полевая всхожесть образцов <i>Triticum aestivum</i> L. после среднесрочного хранения в Генбанке ВИР	89
Шеленга Т.В., Соловьева А.Е., Васипов В.В., Попов В.С., Смоленская А.Е., Соколова Д.В. Разработка калибровочных моделей для определения содержания ценных биохимических показателей в семенах амаранта	91
Шимко В.Е., Гордей И.С., Люсиков О.М., Матиевская О.С., Мандрусова В.С., Соколюк А.В., Варфоломеева Т.Е. Генетическое разнообразие линий озимой ржи (<i>Secale cereale</i> L.) коллекции Института генетики и цитологии НАН Беларуси	93
Шишкина Е.В., Одерова Е.В. Создание исходного материала лука ветвистого (<i>Allium ramosum</i> L.) в условиях Урало-Сибирского региона	95
МЕРОПРИЯТИЕ № 2. РАСШИРЕНИЕ ГЕНЕТИЧЕСКОГО РАЗНООБРАЗИЯ: ФУНДАМЕНТАЛЬНЫЕ И ПРИКЛАДНЫЕ АСПЕКТЫ – ПОСВЯЩАЕТСЯ 125-ЛЕТИЮ СО ДНЯ РОЖДЕНИЯ Г. Д. КАРПЕЧЕНКО	97
Анисимова И.Н., Любченко А.В., Гаврилова В.А. Теоретические и прикладные аспекты отдаленной гибридизации у подсолнечника (<i>Helianthus</i> L.)	98
Бондарева Л.Л. Селекция капусты разных разновидностей в Федеральном научном центре овощеводства	100
Вишнякова М.А., Гончаров Н.П. Роль Г. Д. Карпеченко в расширении генетического разнообразия культурных растений	102

Гавриленко Т.А., Пендинен Г.И., Антонова О.Ю., Макарова Т.О., Тиме Р. Интрогрессия в геном <i>Solanum tuberosum</i> L. генетического материала диких диплоидных мексиканских видов из третичного генпула картофеля	104
Гордей И.С., Люсиков О.М., Шимко В.Е. Зиготическая полиплоидизация закисью азота как эффективный метод создания генофонда тетраплоидной ржи (<i>Secale cereale</i> L.)	106
Еремин В.Г., Еремина О.В. Отдаленная гибридизация в селекции клоновых подвоев косточковых культур рода <i>Prunus</i> L.	108
Ермишин А.П., Левый А.В., Агеева А.С., Воронкова Е.В., Гукасян О.Н. Маркер- опосредованная интрогрессия гена <i>Rpi-sto1</i> устойчивости к фитофторозу от <i>Solanum stoloniferum</i> Schldl et Bouchet в селекционный материал	110
Зотеева Н.М. Использование в гибридизации источников ценных признаков, выявленных среди видового разнообразия картофеля	112
Митрофанова О.П., Пендинен Г.И., Хакимова А.Г., Абдуллаев К.М. Род × <i>Trititrigia</i> Tzvel. и другие пшенично-пырейные гибридные формы, включенные в коллекцию ВИР	114
Пендинен Г.И., Чернов В.Е. Интрогрессивная гибридизация культурного ячменя <i>Hordeum vulgare</i> L. с ячменем луковичным <i>Hordeum bulbosum</i> L.: возможности и ограничения	116
Поротников И.В., Пюккенен В.П., Хакимова А.Г., Антонова О.Ю., Митрофанова О.П. Молекулярные маркеры в оценке образцов коллекции гексаплоидной пшеницы ВИР по скрещиваемости с рожью	118
Пышная О.Н., Джос Е.А. Итоги и перспективы развития селекции пасленовых культур	120
Русецкий Н.В., Козлов В.А., Чащинский А.В., Семанюк Т.В., Башко Д.В., Родькина И.А. Использование генетических источников устойчивости к S- и M- вирусам при создании исходного материала картофеля	122
Фесенко И.Н. Формирование современных видов гречихи началось с утраты предковой формой системы несовместимости гаметофитного типа	124
Чащинский А.В., Рогозина Е.В., Козлов В.А., Башко Д.В., Русецкий Н.В., Чалая Н.А., Родькина И.А. Выделение источников хозяйственно ценных признаков среди межвидовых гибридов картофеля селекции отдела клубнеплодов ВИР и рациональное их использование в условиях Республики Беларусь	126
Шоева О.Ю., Егорова А.А., Зедгенизова В.Д., Зыкова Т.Е., Глаголева А.Ю., Тоцкий И.В., Короткова А.М., Герасимова С.В., Черняк Е.И., Морозов С.В., Хертиг Е., Кенпель И., Хикель Ш., Кумлен Й., Хлесткина Е.К. Изучение функций генов, контролирующих синтез полифенольных соединений в зерне ячменя (<i>Hordeum vulgare</i> L.), с помощью направленного мутагенеза	128
Щенникова А.В., Кочиева Е.З. Использование CRISPR-Cas9 для редактирования растений семейства пасленовые: достижения и проблемы	130
Щуклина О.А. Основные этапы создания новой культуры × <i>Trititrigia</i> , достижения и возможности ее применения в сельском хозяйстве	131
МЕРОПРИЯТИЕ № 2. Расширение генетического разнообразия: фундаментальные и прикладные аспекты – посвящается 125-летию со дня рождения Г. Д. Карпеченко. Стеновые доклады	133
Анисимова О.К., Филюшин М.А. Идентификация генов фенилаланин-аммоний- лиаз (<i>PAL</i>) в геноме чеснока (<i>Allium sativum</i> L.) и их роль в ответных реакциях на абиотические стрессы	134
Антонова Е.В., Шималина Н.С., Короткова А.М., Колосовская Е.В., Герасимова С.В., Хлесткина Е.К. Изучение устойчивости линий ячменя, нокаутированных по генам <i>NUD</i> и <i>WIN1</i> , к действию абиотических факторов	135

<i>Беренсен Ф.А., Пискунова Т.М., Елацкова А.Г., Антонова О.Ю.</i> Идентификация генетической устойчивости к мучнистой росе у образцов мускатной тыквы (<i>Cucurbita moschata</i>)	136
<i>Бочко Т.Н., Огренич Н.А., Чернова Т.А., Шишов А.Ю.</i> Биохимия травы овса молочной спелости	138
<i>Войцуцкая Н.П., Лоскутов И.Г.</i> Характеристика устойчивости коллекционных образцов овса к пьявице красногрудой (<i>Ouleta melanopus</i> L.) в условиях степной зоны Краснодарского Края	141
<i>Габдола А.Ж., Аринов Б.К., Хасанова Г.Ж., Зайлашева А.А.</i> Перспективы возделывания нута и гороха в условиях сухостепной зоны Акмолинской области	143
<i>Голова Т.Г., Чвилева И.Н.</i> Адаптивность сортов яровой пшеницы	145
<i>Дмитриева М.В., Полховский А.В., Киров И.В., Комахин Р.А.</i> Вирус-опосредованное CRISPR-Cas9-редактирование гена <i>PDS</i> у <i>Nicotiana benthamiana</i>	147
<i>Егорова Г.П.</i> <i>Lupinus polyphyllus</i> L. в коллекции ВИР: распространение и использование	148
<i>Ершова Л.А., Голова Т.Г.</i> Результаты селекции ярового ячменя для условий юго-востока Центрально-Черноземного региона	150
<i>Лебедева Н.В., Соловьева А.Е., Любченко А.В.</i> Питательные и биологически активные вещества в клубнях топинамбура (<i>Helianthus tuberosus</i> L.)	152
<i>Лебединец В.Н., Волкова Г.В.</i> Оценка устойчивости различных сортов льна масличного к болезням в условиях центральной зоны Краснодарского Края	154
<i>Мальшев Л.Л., Кочегина А.А., Губанов А.В., Губанова Е.А., Васюнов В.В.</i> Изучение образцов житняка (<i>Agropyron</i> Gaertn.) мировой коллекции ВИР в условиях Центрально-Черноземной зоны	156
<i>Паритов А.Ю., Булатова Д.З., Байсултанова М.Х., Кокова А.Х., Капова Р.А., Эльгарова Л.З., Кертova А.А.</i> Селекция на создание многопочатковых линий и гибридов кукурузы в КБГУ	158
<i>Потапов А.П.</i> Новый исходный материал кукурузы как основа для практической селекции в условиях ЦЧЗ	159
<i>Родионов К.И., Ситников М.Н.</i> Создание исходного материала для селекции картофеля на устойчивость к бактериальным заболеваниям	161
<i>Филатова И.А., Нужная Н.А.</i> Итоги работы по селекции гороха в Каменной степи	163
<i>Фисенко П.В., Лысенко Н.С.</i> Характеристика образцов озимой мягкой пшеницы, устойчивых к снежной плесени, с помощью микросателлитных локусов, сцепленных с QTL устойчивости к фузариозу колоса	165
<i>Хасбиуллина О.И., Иващенко А.Д.</i> Результаты оценки коллекции картофеля в условиях Камчатского края	167
МЕРОПРИЯТИЕ № 3. ПОКОЛЕНИЕ F3: МОЛОДЕЖНАЯ СЕССИЯ	169
<i>Аленичева А.Д.</i> Продуктивность и качество образцов трититригии в условиях Московской области	170
<i>Апарина В.А., Потешкина А.А., Сухомлинов В.Ю., Бойко Н.И., Пискарев В.В.</i> Создание селекционного материала пшеницы мягкой яровой, устойчивого к листовым патогенам	172
<i>Ахраров М.А., Гинс Е.М., Гинс В.К.</i> Модуляция антиоксидантов <i>Nasturtium officinale</i> R. Wr. в условиях фотостресса	174
<i>Бардеев И.Ф.</i> Оценка исходного материала гороха посевного в коллекционном питомнике в условиях Центральной Якутии	176
<i>Быкова А.В.</i> Участие генов флавоноидного и каротиноидного метаболических путей в адаптивной реакции растений картофеля на холодовой стресс	178
<i>Васюнов В.В., Кочегина А.А., Мальшев Л.Л.</i> Биохимическое изучение образцов житняка рода <i>Agropyron</i> Gaertn. мировой коллекции генетических ресурсов ВИР	180

(к 110-летию коллекции житняка в Бюро по прикладной ботанике)	
<i>Вилис П.С., Крылова Е.А., Хлесткина Е.К., Медведев С.С., Смоликова Г.Н.</i>	
Анализ АБК-зависимых генов, связанных с «реакцией на обезвоживание», в связи с высушиванием и последующей регидратацией проростков гороха (<i>Pisum sativum</i> L.)	182
<i>Вишнякова А.В., Никитин М.А.</i> Изучение устойчивости генетической коллекции Brassicaceae к новым агрессивным штаммам фомоза	184
<i>Власова А.А., Кузьмина С.П.</i> Коллекция генетических ресурсов нута: эколого- географическое разнообразие и перспективы использования в Западной Сибири	186
<i>Гончарова Е.Е., Михайлова А.С., Швачко Н.А., Хлесткина Е.К.</i> Гены-кандидаты пути биосинтеза беталаинов для редактирования свеклы столовой (<i>Beta</i> <i>vulgaris</i> L.)	188
<i>Горбунов А.Б., Титов Е.В.</i> Брусничные в коллекции Центрального сибирского ботанического сада СО РАН	189
<i>Данильцев В.С.</i> Определение сортового состава растений из коллекции ВИР, пригодного для выращивания в условиях пришкольного участка Средней школы № 193 Санкт-Петербурга	190
<i>Дрозд Е.В., Бабак О.Г., Некрашевич Н.А., Анисимова Н.В., Яцевич К.К.,</i> <i>Кильчевский А.В.</i> Биохимический анализ плодов гибридов F ₁ томата с комплексом аллелей, определяющих высокое накопление каротиноидов и антоцианов	192
<i>Егорова К.В., Синявина Н.Г., Кочерина Н.В., Чесноков Ю.В.</i> Картирование локусов количественных признаков (QTL), определяющих содержание каротиноидов в линиях картирующих популяций удвоенных гаплоидов <i>Brassica</i> <i>rapa</i> L.	194
<i>Зарецкий А.М., Соловьева А.Е., Соколова Д.В.</i> Динамика содержания бетацианинов в корнеплодах столовой свеклы в период хранения	196
<i>Захарчевный И.Г., Малышев Л.Л., Попов В.С.</i> Экспресс-метод распределения образцов донника (<i>Melilotus</i> Mill.) по степени содержания кумаринов	197
<i>Иванов А.А., Васильева М.В., Рахмангулов Р.С.</i> Индукция каллусогенеза представителей рода <i>Raeonia</i> L. из коллекции ВИР	198
<i>Иванова Ю.В., Мартыненко Н.М., Хомяков Ю.В., Чижида Н.Н.</i> Анализ и паспортизация по спектрам глиадины естественных плодовых спонтанных эгилопсо-пшеничных гибридов. Определение активности альфа- и бета-амилазы	200
<i>Камнев А.М., Антонова О.Ю., Чухина И.Г.</i> Полиморфизм пластидного генома малины сахалинской на территории Русского Алтая	202
<i>Квитко В.Е.</i> Оценка пораженности озимых пшенично-пырейных гибридов фитопатогенами грибной природы	204
<i>Кирсанова А.С., Хохленко А.А., Ерастенкова М.В., Ситников М.Н.</i> Определение коэффициента микроклонального размножения у образцов винограда (<i>Vitis</i> <i>vinifera</i> L.) из коллекции ВИР	206
<i>Коврижных А.С., Шипилина Л.Ю., Тихонова Н.Г., Макеева Г.Ю.,</i> <i>Камылина Н.Ю., Ухатова Ю.В.</i> Род <i>Vaccinium</i> L. коллекции ВИР	208
<i>Кузнецова В.А., Чиркова У.А.</i> Выращивание злаковых культур в городских условиях Санкт-Петербурга	210
<i>Лепилова Е.А., Меньков М.Т., Швачко Н.А., Розанова И.В., Хлесткина Е.К.</i> Выявление локусов сои по ценным сельскохозяйственным признакам на юге России	212
<i>Локтева А.В.</i> Создание пищевых сортов черемухи в Центральном сибирском ботаническом саду СО РАН	213
<i>Лукина К.А., Хорева В.И., Ковалева О.Н.</i> Голозерный ячмень как источник для селекции сортов с высоким качеством зерна	215

Малавенда А.С., Икко Н.В. Определение содержания полифенольных компонентов, витамина С и антиоксидантной активности этанольных экстрактов <i>Rubus chamaemorus</i> , произрастающей на Кольском полуострове	217
Мотов В.М., Мотова М.В., Устюжанин И.А. Биоразнообразие луковых культур на северо-востоке европейской части РФ как основа успешной селекции	219
Мясоедов В.В. Оценка видового и разновидового состава рода <i>Triticum</i> L. коллекции НИЦ «Ставропольская селекционно-семеноводческая станция» с целью использования в селекционном процессе	222
Нестерова Е.А., Поваляев А.В., Горбунова К.Н., Швачко Н.А. Изучение генов <i>OsGATA</i> образцов риса (<i>Oryza sativa</i> L.) коллекции ВИР с целью дальнейшего редактирования генома	224
Нугамадянов А.Р., Поротников И.В., Волков К.А., Антонова О.Ю. Характеристика яровой мягкой пшеницы коллекции ВИР по аллельному составу генов <i>Vrn1</i>	226
Никифоров А.А., Бурляева М.О., Перчук И.Н., Крылова Е.А., Попов В.С. Питательная ценность образцов <i>Vigna unguiculata</i> (L.) Walp. с разной окраской семян	228
Огудин Г.С., Корнюхин Д.Л., Артемьева А.М. Оценка реакции генофонда вида <i>Brassica rapa</i> L. на заражение сосудистым бактериозом <i>Xanthomonas campestris</i> (Pammel) Dowson	230
Панченко К.С., Силантьева М.М. Оценка коллекции генетических ресурсов ВИР семейства Амарантовые в условиях лесостепной зоны Алтайского края	231
Поваляев А.В., Нестерова Е.А., Горбунова К.Н., Швачко Н.А. Введение образцов риса (<i>Oryza sativa</i> L.) коллекции ВИР в <i>in vitro</i> с целью индукции каллусообразования	233
Погост А.А., Вайншиенкер Т.С., Аленичева А.Д., Клименкова И.Н., Лошакова П.О. Яровые пшенично-пырейные гибриды (на примере комбинации fl 1814 × ППГ107)	235
Путина О.В., Рахмангулов Р.С., Поливара Н.В., Коваленко Н.Н., Ухатова Ю.В., Хлесткина Е.К. Получение растений-регенерантов овощного гороха в культуре <i>in vitro</i>	237
Рыбаков Д.А., Ким И.В., Иващенко А.Д., Шерстюкова Т.П., Антонова О.Ю., Гавриленко Т.А. Номенклатурные стандарты сортов картофеля селекции Камчатского НИИСХ и ФНЦ Дальнего Востока им. А.К. Чайки	239
Рязанова М.К., Бердиган Р.Д., Гаврилова В.А., Анисимова И.Н. Влияние гиббереллиновой кислоты на морфологические признаки и фертильность пыльцы низкорослых линий подсолнечника <i>Helianthus annuus</i> L.	241
Семилет Т.В., Швачко Н.А., Ковалева О.Н., Шипилина Л.Ю., Смирнова Н.В., Хлесткина Е.К. Изучение генов доместикации древнего ячменя XII века	243
Середин Т.М., Шумилина В.В., Агафонов А.Ф., Баранова Е.В. Основные хозяйственно ценные признаки <i>Allium sera</i> L. генетической коллекции ВИР в условиях Нечерноземной зоны Российской Федерации	245
Симагин А.Д., Симагина А.С., Черняк К.А., Вертикова Е.А., Барнашова Е.К. Селекционная оценка гибридного поколения F ₃ льна-долгунца	246
Смурова Н.В., Цицилин А.Н. Некоторые биологические особенности <i>Isatis tinctoria</i> L. первого года вегетации	248
Старцева Ю.В., Старцев В.А., Хлесткина Е.К. Определение активности полифенолоксидаз пшеницы как способ прогнозирования качества муки	250
Ухатов Г.А., Кривохатская Ж.В., Маркелова А.А. Многолетние наблюдения за сроками наступления фенологических фаз и вкусовыми качествами арбузов и дынь, выращенных в двух областях России	252

Ухатов Ф.А. ВИР и Соловецкий музей-заповедник: историко-патриотические аспекты сотрудничества	254
Филимонова Е.С., Васильева М.В., Рахмангулов Р.С. Индукция каллусогенеза лилейника (<i>Hemerocallis</i> L.) коллекции ВИР	256
Харченко А.А., Марушевский В.А. Оценка жизненного состояния популяций видов рода <i>Fragaria</i> L. в Сибири	258
Хорняк М.П., Шепель О.Л. Фенотипирование гермоплазмы сои (<i>Glycine max</i> (L.) Merrill) по структурным элементам продуктивности и качеству семян	260
Хохленко А.А., Вержук В.Г. Посткриогенная оценка жизнеспособности пыльцы плодовых культур (груши и миндаля) после хранения в жидком азоте и его парах (-183...-185 °С)	262
Чумакова В.В., Миронова Т.М. Селекционная ценность коллекционных образцов ежи сборной	264
Шевченко А.Ю., Асеева Т.А. Результаты изучения коллекционного материала фасоли зерновой в условиях Среднего Приамурья	267
Шепель О.Л., Асеева Т.А. Изучение зернобобовых культур из коллекции ВИР в Дальневосточном НИИСХ	269
МЕРОПРИЯТИЕ № 3. Поколение F3: Молодежная сессия. Стендовые доклады	271
Андреева А.С. Молекулярное маркирование генов устойчивости к бурой и желтой ржавчинам у образцов твердой пшеницы (<i>Triticum durum</i> Desf.) из коллекции ВИР	272
Барабанов И.В., Рахмангулов Р.С. Аллельный скрининг генов <i>R2R3-MYB</i> , контролирующих окраску цветка львиного зева (<i>Antirrhinum majus</i> L.)	274
Бемова В.Д. Влияние синтеза картамина на окраску соцветий сафлора красильного (<i>Carthamus tinctorius</i> L.)	276
Волков К.А., Поротников И.В., Зуев Е.В., Ляпунова О.А., Антонова О.Ю. Характеристика образцов коллекции ВИР по аллельному составу генов <i>Rht-B1</i> и <i>Rht-D1</i>	277
Ворошникова О.В. Совершенствование приемов криотерапии в целях получения оздоровленных микрорастений картофеля	279
Гаджикурбанов Н.А. Эффективность протравителя Депозит Суприм, МЭ в защите зерновой фасоли от болезней	281
Киселев Е.Г., Соколова Д.В. Изучение коллекции шпината ВИР на скороспелость и дивергенцию пола в онтогенезе при различных сроках посева в условиях Северо-Западного региона РФ	284
Лим Н.Ю., Чухина И.Г. Опыт экстракции ДНК из исторических гербарных образцов	286
Макаев А.К., Антонова О.Ю. Изучение полиморфизма пластидной ДНК у образцов коллекции косточковых культур Майкопской опытной станции ВИР	288
Межина К.М., Ерастенкова М.В., Тихонова Н.Г. Апробация методик изоляции протопластов для применения в технологиях редактирования земляники садовой (<i>Fragaria</i> × <i>ananassa</i>)	290
Острых Я.Е., Глазунова Е.Д. Биохимия окраски цветков некоторых сортов узамбарской фиалки	292
Оськина Н.А., Гавриленко Т.А., Антонова О.Ю., Чухина И.Г. Изучение генетического разнообразия аутентичных гербарных образцов <i>Solanum andigenum</i> Juz. et Buk.	294
Писаренко Г.В., Соловьева А.Е., Rogozina Е.В., Чалая Н.А. Новый исходный материала для селекции картофеля, пригодного к технологической переработке пищевого направления	296

Раковская Е.Л., Чашинский А.В., Козлов В.А., Родькина И.А. Результаты изучения сортов картофеля российской селекции в условиях Республики Беларусь	298
Слободкина А.А., Павлов А.В., Брач Н.Б., Пороховинова Е.А. Розовоцветковые линии льна в генетической коллекции ВИР	300
Соколюк А.В. Молекулярно-генетическая характеристика плазмотида у секалотритикум (\times <i>Secalotriticum</i> , ^s RRAABB, 2n = 6x = 42)	302
Телятников Н.В. Генетические ресурсы растений и их роль в селекции голозерного ячменя	304
Ульянов А.В., Крылова Е.А., Швачко Н.А., Семилет Т.В., Хлесткина Е.К., Хатевфов Э.Б. Конструирование плазмиды для генетической трансформации кукурузы	306
Федорова К.А., Старовойтова Т.Е., Швачко Н.А. Анализ полногеномных ассоциаций <i>Triticum dicosum</i> как инструмент повышения продовольственной безопасности	308
Федорова У.В., Сафина Г.Ф., Конькова Н.Г., Вержук В.Г., Дубовская А.Г. Изучение влияния сверхнизких температур на жизнеспособность семян рыжика (<i>Camelina sativa</i> (L.) Crantz.) и рапса (<i>Brassica napus</i> L. subsp. <i>oleifera</i> Metzger)	310
Фокина А., Фокина Ан., Серченя Н., Иванов А., Ксотина Т., Костина С., Лялин А., Сергеева Т., Перепелкина Е., Хабурзания М.З., Кривохатская Ж.В., Маркелова А.А., Шибакова А.В. Опыт выращивания томатов и перцев коллекции ВИР учащимися клуба юннатов ДДТ «Преображенский»	312
Чикида Н.Н., Пендинен Г.И., Титова Г.Е., Белоусова М.Х., Иванова Ю.В. Естественные плодовые спонтанные эгилопсо-пшеничные гибриды – хромосомный и их цитозембриологический анализ	314
Шерстобитов В.В., Колесова М.А. Устойчивость сортов алычи селекции Майкопской опытной станции ВИР к грибным болезням	316
МЕРОПРИЯТИЕ № 4. ПРИКЛАДНАЯ ГЕНЕТИКА КУЛЬТУРНЫХ РАСТЕНИЙ – ПОСВЯЩАЕТСЯ 90-ЛЕТИЮ Б. В. РИГИНА	318
Абдуллаев Р.А., Матвиенко И.И., Ковалева О.Н., Радченко Е.Е. Разнообразие образцов ярового ячменя из стран Восточной Азии по скороспелости и фотопериодической чувствительности	319
Алпатьева Н.В., Анисимова И.Н., Рязанова М.К., Васинев В.В., Абдуллаев Р.А., Романова О.И., Радченко Е.Е. Разнообразие образцов кафрского сорго из коллекции ВИР как потенциальных доноров для создания стерильных линий, востребованных в гибридной селекции	320
Антонова О.Ю., Поротников И.В., Митрофанова О.П. Скрещиваемость мягкой пшеницы с рожью посевной: классические и молекулярные методы в анализе признака	322
Бехтольд Н.П., Орлова Е.А., Петраш Н.В., Шоева О.Ю., Тоцкий И.В. Создание селекционного материала ячменя, устойчивого к пыльной головне, с использованием методов биотехнологии	324
Воронова О.Н., Гаврилова В.А., Анисимова И.Н. Изменчивость показателей фертильности пыльцы и возможные причины пониженной завязываемости семян у гибридов, полученных при использовании ЦМС-линий	326
Корнюхин Д.Л., Артемьева А.М., Соловьева А.Е. Генетическое разнообразие репы, <i>Brassica rapa</i> L. subsp. <i>rapa</i> Metzg., по биохимическим признакам качества корнеплодов	328
Лебедев Д.В., Сорокопудов В.Н. Отбор из природных популяций о. Сахалин лиан винограда Куанье (<i>Vitis coignitiae</i> Pulliat ex Planch.) с ценными помологическими признаками	330

Логина Е.Д., Рамазанова С.А., Гучетль С.З. Применение ДНК-маркеров для исследования генотипов рыжика посевного	332
Мартынов В.В., Соколова Е.А., Кузнецова М.А., Артемьева А.М., Фатеев Д.А. Полиморфизм гена устойчивости к фитофторозу <i>Ph-3</i> у диких и культурных форм томата из коллекции ВИР	334
Модоров М.В., Киселева О.А., Полежаева М.А., Чеботок Е.М. Генетическая идентификация черной смородины (<i>Ribes nigrum</i> L.) с использованием микросателлитных маркеров	335
Павлов А.В., Пороховинова Е.А., Брач Н.Б. Зависимость хозяйственно ценных признаков льна-долгунца от погодных условий по результатам 30-летнего изучения на полях НПБ «Пушкинские и Павловские лаборатории ВИР»	337
Попова Г.А., Шулейко А.А., Рогальская Н.Б., Трофимова В.М. Результаты работы по льну-долгунцу томской селекции с использованием генетической коллекции ВИР	340
Радченко Е.Е., Анисимова И.Н. Исследования генетического разнообразия культурных растений и их диких родичей	342
Рогозина Е.В. Коллекция картофеля ВИР – от фенотипического изучения к молекулярно-генетическому анализу	344
Солодухина О.В. Доноры устойчивости к болезням и низкого содержания водорастворимых пентозанов в зерне для селекции ржи	346
Тырышкин Л.Г. Генетическое разнообразие зерновых культур по эффективной устойчивости к грибным листовым болезням	348
Яковлева О.В. Создание доноров устойчивости ячменя к токсичным ионам алюминия	350
Яцевич К.К., Бабак О.Г., Шестерень П.В., Дрозд Е.В., Некрашевич Н.А., Анисимова Н.В., Кильчевский А.В. Полиморфизм ортологов гена <i>Atroviolacea</i> (ATV) у овощных культур семейства Solanaceae	352
МЕРОПРИЯТИЕ № 5. ПРИКЛАДНАЯ БИОХИМИЯ И ФИЗИОЛОГИЯ КУЛЬТУРНЫХ РАСТЕНИЙ – ПОСВЯЩАЕТСЯ 130-ЛЕТИЮ СО ДНЯ РОЖДЕНИЯ Н. Н. ИВАНОВА	354
Баймуратов А.Ж., Искаков А.Р., Сариев Б.С. Основные результаты сотрудничества КазНИИЗиР и ВИР по селекции зернофуражных культур	355
Бурляева М.О., Гуркина М.В., Зинченко Ю.Н., Разгонова М.П. Применение методов тандемной масс-спектрометрии, лазерной микроскопии и многомерного анализа фенотипических признаков для дифференциации сортов вигны по овощному и зерновому направлениям использования	358
Вишнякова М.А., Шаухаров Р.А., Агаханов М.М., Кочерина Н.В., Дзюбенко Е.А. Дифференциация генофонда гуара по отношению к засухе в условиях Волгоградской области	361
Гатаулина Г.Г., Шитикова А.В., Медведева Н.В. Периоды развития и динамические параметры формирования урожая люпина белого (<i>Lupinus albus</i> L.) у сортов с детерминантным типом роста	363
Григорьев С.В., Шеленга Т.В. Биологическая фортификация волокна прядильных культур	366
Казыдуб Н.Г., Кузьмина С.П., Чернов Р.В. Обоснование параметров модели сорта фасоли обыкновенной для использования в южной лесостепи Западной Сибири	368
Киселева А.А., Шулико Н.Н. Анализ родового состава эукариотного сообщества на основе метагеномного анализа	370
Крылова Е.А., Бурляева М.О., Хлесткина Е.К. Роль жасмонатов в поддержании стабильности типа роста вигны в условиях повышенной влажности воздуха	372

<i>Кукоева Т.В., Стасюк А.И., Трубачеева Н.В., Тоцкий И.В., Григорьев Ю.Н., Шоева О.Ю., Салина Е.А.</i> Селекционная схема получения пивоваренных линий ячменя на сибирских сортах <i>Hordeum vulgare</i> L.	373
<i>Курина А.Б., Соловьева А.Е.</i> Биологически активные вещества пряно-ароматических и лекарственных растений коллекции ВИР	375
<i>Лысенко Н.С., Малышев Л.Л., Пузанский Р.К., Шеленга Т.В.</i> Биомаркеры аллюмотолерантности у зимостойких форм <i>Triticum aestivum</i> L. из коллекции ВИР	377
<i>Максимов Р.А.</i> Адаптивная реакция сортообразцов ярового ячменя коллекции ВИР (Санкт-Петербург) в условиях Среднего Урала	380
<i>Попов В.С., Шеленга Т.В., Хорева В.И., Перчук И.Н., Соловьева А.Е., Саликова А.В., Конькова Н.Г.</i> Применение БИК-спектрометрии для определения основных биохимических показателей качества у зернобобовых и масличных культур	381
<i>Соколова Д.В., Асланова А.А., Зарецкий А.М., Шеленга Т.В.</i> Скрининг зерновых форм амаранта из коллекции ВИР на скороспелость в условиях Северо-Западного региона РФ	383
<i>Фоменко П.А.</i> Влияние типа гибрида кукурузы на питательную ценность силоса	385
<i>Хасанова Г.Ж., Джатаев С.А., Кузбакова М., Шавруков Ю.Н.</i> Селекция зернобобовых культур в Северном Казахстане	387
<i>Цветкова Н.В., Андреева Е.А., Сафонова И.В., Зыкин П.А.</i> Оценка антиокислительной способности российских сортов ржи	389
<i>Шевченко О.В., Асеева Т.А.</i> Лабораторная оценка эффективности фунгицидов против семенной инфекции гороха	391
<i>Шеленга Т.В., Малышев Л.Л., Керв Ю.А., Конарев А.В., Дюбенко Т.В., Хорева В.И., Белоусова М.Х., Колесова М.А., Чикида Н.Н.</i> Метаболомное маркирование устойчивости зерновых культур (<i>Aegilops tauschii</i> , <i>Triticum aestivum</i>) из коллекции ВИР к биотическим и абиотическим стрессам среды	393
<i>Шулико Н.Н.</i> Анализ структурного разнообразия грибной компоненты микробиома с применением метагеномного метода	395
МЕРОПРИЯТИЕ № 6. БИОРАЗНООБРАЗИЕ РАСТЕНИЙ: ПРАВОВЫЕ НОРМАТИВНЫЕ, ЭТИЧЕСКИЕ, СОЦИАЛЬНЫЕ И ЭКОНОМИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ	396
МЕРОПРИЯТИЕ № 7. КРУГЛЫЙ СТОЛ «СОРНЫЕ И ИНВАЗИВНЫЕ РАСТЕНИЯ» – ПОСВЯЩАЕТСЯ 145-ЛЕТИЮ СО ДНЯ РОЖДЕНИЯ А. И. МАЛЬЦЕВА	397
<i>Багмет Л.В.</i> Окопник лекарственный – злостный сорняк в Ленинградской области	398
<i>Бажанова О.В., Шитилина Л.Ю.</i> Ида Манденова – советский ботаник	400
<i>Бочкарев В.Д., Тюкина Е.В., Бочкарев Д.В., Никольский А.Н.</i> Видовой состав сорного ценоза посадок картофеля при разном уровне антропогенного воздействия	402
<i>Варганова И.В., Горшков В.В.</i> Изменение состава живого напочвенного покрова в ходе зарастания залежи осинной (Ленинградская область)	405
<i>Воробьев Н.И., Лысов А.К., Ладан С.С., Пищик В.Н.</i> Нейросетевой мониторинг светоотражательных спектров сорных и культурных растений	407
<i>Заушинцева А.В., Свиркова С.В., Шамина Л.Ю., Брюхачев Е.Н.</i> Сорные растения в агроценозе картофеля	408
<i>Ладан С.С., Хасанова Г.Р., Алекперова Е.А.</i> Агрехимические аспекты динамики сегетального фитоценоза при технологиях no-till	410
<i>Лоскутов И.Г. А. И. Мальцев</i> – крупнейший специалист по сорной растительности и систематик рода <i>Avena</i> L.	412

<i>Нужная Н.А., Филатова И.А.</i> Формирование засоренности посева в условиях склонового рельефа местности	414
<i>Первушева М.А., Варганова И.В.</i> Род <i>Lamium</i> L. в гербарии сорных растений (WIR)	416
<i>Таловина Г.В.</i> Инвазивные виды диких родичей культурных растений во флоре островов Итуруп, Кунашир, Шикотан	418
<i>Чернявских В.И.</i> Распространение <i>Asclepias syriaca</i> L. в различных местообитаниях агроландшафтов юга Среднерусской возвышенности	420
МЕРОПРИЯТИЕ № 8. СОХРАНЕНИЕ И РАЗВИТИЕ КАДРОВОГО ПОТЕНЦИАЛА В СФЕРЕ ИЗУЧЕНИЯ И ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ГЕНЕТИЧЕСКИХ РЕСУРСОВ РАСТЕНИЙ – ПОСВЯЩАЕТСЯ ПАМЯТИ Л. В. ХОТЫЛЕВОЙ	422
<i>Вертикова Е.А.</i> Подготовка кадров высшей квалификации на кафедре генетики, селекции и семеноводства РГАУ – МСХА им. К.А. Тимирязева в контексте современных требований АПК	423
<i>Рязанцев Н.В., Заварзин А.А., Ухатова Ю.В.</i> Формирование и развитие кадрового потенциала в области селекции растений в России: образование, наука, производство (на примере сотрудничества Вавиловского университета и ВИР)	425
МЕРОПРИЯТИЕ № 9. ИЗУЧЕНИЕ ГЕНЕТИЧЕСКИХ РЕСУРСОВ РАСТЕНИЙ: ИСТОРИКО-КУЛЬТУРНЫЕ АСПЕКТЫ	427
<i>Авруцкая Т.Б.</i> Неизвестная рукопись Н.И. Вавилова – «Картофель (ботанический очерк)»	428
<i>Искаков А.Р., Уразалиев Р.А.</i> Роль Бюро прикладной ботаники в становлении и развитии селекции растений в Казахстане	430
<i>Камнев А.М.</i> К истории изучения ягодных культур в ВИР	433
<i>Котелкина И.В.</i> Электронная библиотека ВИР «Научное наследие ВИР»: Николай Иванович Вавилов (1887–1943), Георгий Дмитриевич Карпеченко (1899–1941)	436
<i>Рязанцев Н.В.</i> Вклад Н. И. Вавилова в развитие саратовской высшей сельскохозяйственной школы (к 110-летию первого визита ученого в Саратовскую губернию)	439
МЕРОПРИЯТИЕ № 10. ХЛЕБНЫЕ ЗЛАКИ (И КРУГЛЫЙ СТОЛ «ХЛЕБА РОССИИ»)	441
<i>Бражников П.Н., Сайнакова А.Б.</i> Исходный материал для селекции озимой ржи в условиях севера Томской области	442
<i>Владимирова Е.С.</i> Адаптивные свойства урожайности сортов мягкой яровой пшеницы из мировой коллекции ВИР в условиях Центральной Якутии	444
<i>Воденев В.А.</i> Фенотипирование на основе регистрации электрической активности растений: потенциал подхода в получении устойчивых к стрессорам сортов	446
<i>Воронов С.И., Лапочкина И.Ф., Дивашук М.Г.</i> Ретроспективный и перспективный взгляд на коллекцию мягкой пшеницы «Арсенал»	447
<i>Давыдова Н.В., Казаченко А.О., Широколава А.В., Резепкин А.М., Нардид В.А., Грачева А.В., Карева Е.С.</i> Исходный материала для селекции яровой пшеницы в ФИЦ «Немчиновка»	449
<i>Дорохов Б.А., Чайкин В.В.</i> Селекционные аспекты перезимовки озимой пшеницы в условиях изменения климата на Юго-Востоке ЦЧЗ	451
<i>Киселева И.С., Ермошин А.А.</i> Внутривидовая изменчивость параметров фотосинтетических тканей флагового листа <i>Triticum dicoccum</i> (Schrank) Schuebl.	453
<i>Лящева С.В., Конькова Э.А.</i> Изучение генофонда мировой коллекции озимой мягкой пшеницы с целью выявления источников устойчивости к бурой ржавчине	455

<i>Николаев П.Н., Юсова О.А.</i> Коллекция ВИР в селекции Омского аграрного научного центра	457
<i>Соловьева М.В., Кибкало И.А., Обухова Н.С., Зуев Е.В., Швачко Н.А.</i> Изменчивость реологических свойств теста у образцов яровой мягкой пшеницы в зависимости от географической точки возделывания	459
<i>Старцев В.А., Хлесткина Е.К.</i> Новые возможности для паспортизации сортов мягкой пшеницы с применением метода фрагментного анализа	461
<i>Чуманова Е.В., Ефремова Т.Т., Соболев К.В., Косяева Е.А.</i> Получение и изучение новых форм пшеницы с фиолетовой и черной окраской зерна	463
<i>Алфавитный указатель авторов тезисов</i>	466
ПРИЛОЖЕНИЯ	472
Приложение I. Торжественная часть и лекторий «Генетические ресурсы растений: научное и культурно-историческое наследие» из цикла «Знания о России»	473
Приложение II. ПРОГРАММА конференции «ВИР – 130 : Генетические ресурсы растений : к 130-летию со дня учреждения Бюро по прикладной ботанике при Ученом комитете Министерства земледелия и государственных имуществ Российской империи»	476

CONTENTS

<i>Khlestkina E.K.</i> Opening remarks	29
EVENT No. 1. EX SITU AND IN SITU CONSERVATION AND MOBILIZATION OF GENETIC RESOURCES	31
<i>Artemyeva A.M.</i> Main directions of vegetable and cucurbit crop mobilization at VIR	32
<i>Batalova G.A.</i> Genetic diversity preserved at VIR as the basis for effective breeding on the example of oats	33
<i>Vakhrusheva V.V., Pryadilshchikova E.N.</i> Cultivation of the fodder cabbage ‘Mozgovaya Zelenaya Vologodskaya’ under the conditions of Vologda Province	36
<i>Volkova G.V., Rudenko V.D., Kudinova O.A.</i> Resistance of bread wheat accessions from the VIR collection to rust diseases in different phases of ontogenesis	37
<i>Dunaeva S.E., Tatsiy A.V., Kuzmina E.V., Lisitsyna O.V., Gavrilenko T.A.</i> Preserving accessions of released cultivars and wild species of raspberry and blackberry under controlled environmental conditions	39
<i>Kolesnikova E.O., Berdnikov R.V.</i> <i>In vitro</i> preservation of <i>Beta vulgaris</i> L. collection material	41
<i>Krasinskaya T.A., Kirchenko A.V.</i> Development of industrial grape cultivar regenerants on nutrient media with different 6-benzyladenine concentrations	43
<i>Kurina A.B., Zvereva O.A.</i> Formation of VIR’s collection of aromatic and medicinal crops	45
<i>Loskutov I.G.</i> Systematic collection, comprehensive evaluation, safety conservation, and sustainable utilization of cereal crop genetic resources: 130 years of VIR’s experience	47
<i>Pavlova I.A.</i> Preservation of the grape gene pool in the <i>in vitro</i> system: technological features	50
<i>Pryadilshchikova E.N., Vakhrusheva V.V.</i> Cultivation of spring rapeseed in Vologda Province	52
<i>Romadanova N.V., Zemtsova A.S., Tolegen A.B., Artimovich N.A., Altayeva N.A., Kushnarenko S.V.</i> Study of natural populations and <i>ex situ</i> preservation of the biodiversity of rare endangered Rosaceae plants	53
<i>Ukhatova Yu.V.</i> <i>Ex situ</i> conservation of plant genetic resources: a new functional in the 21st century	55
EVENT No. 1. Ex situ and in situ conservation and mobilization of genetic resources. Poster presentations	57
<i>Artemyeva A.M., Krivchenko O.A.</i> Development of dark leaf spot (<i>Alternaria</i> spp.) on <i>Brassica oleracea</i> L. crops in the Northwest Region of the Russian Federation	58
<i>Gulin A.V.</i> Genetic diversity utilization in the breeding of new vegetable crop cultivars	59
<i>Dementiev A.V., Mitrofanova O.P.</i> The experience of reproducing seeds of winter bread wheat after their long-term storage	61
<i>Dolgova E.L., Gryb S.I., Poznyak E.I., Yushkevich I.V.</i> On the issue of establishing trait-targeted collections according to biochemical grain quality for triticale and winter rye in Belarus	63
<i>Dumacheva E.V., Razin O.A., Sajfutdinova L.D.</i> Using photosynthetic parameters in the breeding of <i>Medicago varia</i> Mart.	65
<i>Zaitseva N.A., Tyutyuma N.V.</i> Studying and maintenance of the collection of <i>Carthamus tinctorius</i> L. in the northern Caspian region	67
<i>Krylova A.S., Toshchakov S.V.</i> High-throughput genotyping of Russian wheat (<i>Triticum aestivum</i> , <i>T. durum</i>) and rye (<i>Secale cereale</i>) cultivars	70
<i>Mavlyutov Yu.M., Krivopusk E.Yu.</i> Analysis of the genetic diversity of cock’s-foot (<i>Dactylis glomerata</i> L.) accessions using microsatellite DNA markers	72

<i>Mussina R.T., Ishmuratova M.Yu., Gavrilkova E.A., Tleukenova S.U.</i> The effect of the barbotage process on seed germination in <i>Gypsophila altissima</i>	74
<i>Myasoedov V.V.</i> The role of random factors in the development of crop cultivars with new agronomic and biological characteristics on the example of obtaining oilseed flax samples resistant to imidazolinones	76
<i>Pavlova O.A.</i> Genetic collection of garden strawberry cultivars at Sverdlovsk Breeding Station of Horticulture in 2024	78
<i>Privalov F.I., Gryb S.I., Matys I.S., Lavnikovich A.S.</i> Formation of an <i>ex situ</i> collection and the results of using genetic resources of economically important plants in breeding in the Republic of Belarus	80
<i>Pyukkenen V.P., Kibkalo I.A., Pendinen G.I., Mitrofanova O.P.</i> Grain quality indicators of wheat-type lines from crossing Chinese bread wheat with common rye	82
<i>Radchenko E.E., Anisimova I.N., Kibkalo I.A., Ryazanova M.K., Malashonok A.S., Alpatieva N.V., Abdullaev R.A.</i> Newly developed restorer lines of sorghum (<i>Sorghum bicolor</i> (L.) Moench) resistant to greenbug	84
<i>Ramazanov A.K., Shashkov M.P., Ishmuratova M.Yu., Ivanova N.V., Gavrilkova E.A., Tleukenova S.U., Mussina R.T.</i> Data mobilization on fruit and berry plant occurrences in the Central Kazakhstan flora	85
<i>Trifonova A.A., Boris K.V., Malchikov P.N., Kudryavtsev A.M.</i> Aldehydoxidase AO-A3 gene variability in Russian durum wheat cultivars	87
<i>Filipenko G.I., Afanasyeva Yu.V., Zabegaeva O.N., Safina G.F., Zuev E.V.</i> Field germination of <i>Triticum aestivum</i> L. accessions after medium-term storage in the VIR genebank	89
<i>Shelenga T.V., Solovieva A.E., Vasipov V.V., Popov V.S., Smolenskaya A.E., Sokolova D.V.</i> Development of calibration models for determining the content of valuable biochemical indicators in amaranth seeds	91
<i>Shymko V.E., Gordej I.S., Lyusikov O.M., Matieuskaya O.S., Mandrusova V.S., Sakaliuk H.V., Varfalameyeva T.E.</i> Genetic diversity of winter rye lines (<i>Secale cereale</i> L.) from the collection of the Institute of Genetics and Cytology, NAS of Belarus	93
<i>Shishkina E.V., Oderova E.V.</i> Development of source material for <i>Allium ramosum</i> L. under the conditions of the Ural-Siberia region	95
EVENT No. 2. EXPANDING GENETIC DIVERSITY: FUNDAMENTAL AND APPLIED ASPECTS – DEDICATED TO THE 125TH BIRTHDAY OF G. D. KARPECHENKO	97
<i>Anisimova I.N., Lyubchenko A.V., Gavrilova V.A.</i> Theoretical and applied aspects of interspecific hybridization in sunflower (<i>Helianthus</i> L.)	98
<i>Bondareva L.L.</i> Breeding of different cabbage varieties at the Federal Scientific Vegetable Center	100
<i>Vishnyakova M.A., Goncharov N.P.</i> G. D. Karpechenko's contribution to the expansion of crop genetic diversity	102
<i>Gavrilenko T.A., Pendinen G.I., Antonova O.Yu., Makarova T.O., Thieme R.</i> Introgression of alien genetic material from wild diploid Mexican species of the tertiary genepool into the genome of <i>Solanum tuberosum</i> L.	104
<i>Gordej I.S., Lyusikov O.M., Shymko V.E.</i> Zygotic polyploidization with nitrous oxide as an effective method for producing tetraploid rye (<i>Secale cereale</i> L.)	106
<i>Eremin V.G., Eremina O.V.</i> Remote hybridization in the clonal rootstock breeding of stone fruit crops from the genus <i>Prunus</i> L.	108
<i>Yermishin A.P., Levy A.V., Ageeva A.S., Voronkova E.V., Gukasian O.N.</i> Marker-assisted introgression of the <i>Rpi-sto1</i> gene for late blight resistance from <i>Solanum stoloniferum</i> Schldtl et Bouchet into breeding material	110

Zoteyeva N.M. Sources of valuable traits identified among the potato species diversity and their use in hybridization	112
Mitrofanova O.P., Pendinen G.I., Khakimova A.G., Abdullaev K.M. Genus \times <i>Triticum</i> Tzvel. and other wheat-wheatgrass hybrid forms included in the VIR collection	114
Pendinen G.I., Chernov V.E. Introgressive hybridization of cultivated barley <i>Hordeum vulgare</i> L. with bulb barley <i>Hordeum bulbosum</i> L.: opportunities and limitations	116
Porotnikov I.V., Pyukkenen V.P., Khakimova A.G., Antonova O.Yu., Mitrofanova O.P. Molecular markers in the evaluation of accessions from VIR's hexaploid wheat collection according to their crossability with rye	118
Pyshnaya O.N., Dzhos E.A. Results and prospects of the development of Solanaceae crop breeding	120
Rusetskiy N.V., Kozlov V.A., Chashynskiy A.V., Semanyuk T.V., Bashko D.V., Rodkina I.A. Using genetic sources of resistance to PVS and PVM in the development of potato source material	122
Fesenko I.N. Speciation of contemporary buckwheats started with the loss of the gametophytic incompatibility system by their ancestral form	124
Chashynskiy A.V., Rogozina E.V., Kozlov V.A., Bashko D.V., Rusetskiy N.V., Chalaya N.A., Rodkina I.A. Identifying sources of economically valuable traits among interspecific potato hybrids bred at the Tuber Department of VIR and their sustainable utilization under the conditions of Belarus	126
Shoeva O.Yu., Egorova A.A., Zedgenizova V.D., Zykova T.E., Glagoleva A.Yu., Totskiy I.V., Korotkova A.M., Gerasimova S.V., Chernyak E.I., Morozov S.V., Hertig K., Koepfel I., Hikel S., Kumlehn J., Khlestkina E.K. Studying the functions of the genes controlling the synthesis of polyphenolic compounds in barley grain (<i>Hordeum vulgare</i> L.) using targeted mutagenesis	128
Shchennikova A.V., Kochieva E.Z. Using CRISPR-Cas9 in editing Solanaceae plants: achievements and challenges	130
Shchuklina O.A. The main stages of making a new crop of \times <i>Triticum</i> , achievements and possibilities of its application in agriculture	131
EVENT No. 2. Expanding genetic diversity: fundamental and applied aspects – dedicated to the 125th birthday of G. D. Karpechenko. Poster presentations	133
Anisimova O.K., Filyushin M.A. Identification of phenylalanine-ammonia-lyase (<i>PAL</i>) genes in the garlic (<i>Allium sativum</i> L.) genome and their role in responses to abiotic stresses	134
Antonova E.V., Shimalina N.S., Korotkova A.M., Kolosovskaya E.V., Gerasimova S.V., Khlestkina E.K. Assessment of the tolerance to abiotic stressors in barley lines knocked out for the <i>NUD</i> and <i>WIN1</i> genes	135
Berensen F.A., Piskunova T.M., Elatskova A.G., Antonova O.Yu. Identification of genetic resistance to powdery mildew in pumpkin (<i>Cucurbita moschata</i>) accessions	136
Bochko T.N., Ogrenich N.A., Chernova T.A., Shishov A.Yu. Biochemistry of oat grass at milky ripeness	138
Voitsutskaya N.P., Loskutov I.G. Characterizing the resistance of oat accessions to the cereal leaf beetle (<i>Oulema melanopus</i> L.) under the conditions of the steppe zone of Krasnodar Territory	141
Gabdola A.Zh., Arinov B.K., Khassanova G.Zh., Zailasheva A.A. Prospects of chickpea and pea cultivation under the conditions of the dry steppe zone in Akmola Region	143
Golova T.G., Chvileva I.N. Adaptability of spring wheat cultivars	145
Dmitrieva M.V., Polkhovsky A.V., Kirov I.V., Komakhin R.A. Virus-mediated CRISPR-Cas9 editing of the <i>PDS</i> gene in <i>Nicotiana benthamiana</i>	147
Egorova G.P. <i>Lupinus polyphyllus</i> L. in the VIR collection: distribution and utilization	148

<i>Ershova L.A., Golova T.G.</i> The results of spring barley breeding for the conditions of the southeast of the Central Black Earth Region	150
<i>Lebedeva N.V., Solovyeva A.E., Lyubchenko A.V.</i> Nutritional and bioactive compounds in Jerusalem artichoke tubers (<i>Helianthus tuberosus</i> L.)	152
<i>Lebedinets V.N., Volkova G.V.</i> Assessment of disease resistance in various oilseed flax cultivars under the conditions of the central zone of Krasnodar Territory	154
<i>Malyshev L.L., Kochegina A.A., Gubanov A.V., Gubanova E.A., Vasipov V.V.</i> Studying wheatgrass (<i>Agropyron</i> Gaertn.) accessions from the VIR global collection under the conditions of the Central Black Earth Region	156
<i>Paritov A.Yu., Bulatova D.Z., Baysultanova M.H., Kokova A.H., Kapova R.A., Elgarova L.Z., Kertova A.A.</i> Breeding of maize lines and hybrids for prolificacy at the KBSU	158
<i>Potapov A.P.</i> New source material of maize as a basis for breeding practice under the conditions of the Central Black Earth Region	159
<i>Rodionov C.I., Sitnikov M.N.</i> Development of source material for the breeding of potato for resistance to bacterial diseases	161
<i>Filatova I.A., Nuzhnaya N.A.</i> The results of the work on pea breeding in Kamennaya Steppe	163
<i>Fisenko P.V., Lysenko N.S.</i> Characterization of winter bread wheat accessions resistant to snow mold using microsatellite loci linked to QTL for resistance to <i>Fusarium</i> ear blight	165
<i>Khasbiullina O.I., Ivashchenko A.D.</i> The results of potato collection evaluation under the conditions of Kamchatka Territory	167
EVENT No. 3. GENERATION F3: YOUTH SESSION	169
<i>Alenicheva A.D.</i> Productivity and quality of \times <i>Trititrigia</i> accessions under the conditions of Moscow Province	170
<i>Aparina V.A., Poteshkina A.A., Sukhomlinov V.Yu., Boyko N.I., Piskarev V.V.</i> Development of spring bread wheat breeding material resistant to leaf pathogens	172
<i>Akhrarov M.A., Gins E.M., Gins V.K.</i> Modulation of antioxidants in <i>Nasturtium officinale</i> R. Br. under photostress conditions	174
<i>Bardeev I.F.</i> Evaluation of the source material of cultivated pea in the collection nursery in Central Yakutia	176
<i>Bykova A.V.</i> Participation of genes of flavonoid and carotenoid metabolic pathways in the adaptive response of potato plants to cold stress	178
<i>Vasipov V.V., Kochegina A.A., Malyshev L.L.</i> Biochemical study of wheatgrass (<i>Agropyron</i> Gaertn.) accessions from the VIR Global Collection of Plant Genetic Resources (on the 110th anniversary of the wheatgrass collection at the Bureau of Applied Botany)	180
<i>Vilis P.S., Krylova E.A., Khlestkina E.K., Medvedev S.S., Smolikova G.N.</i> Analysis of ABA-dependent genes associated with “response to dehydration” in relation to drying and rehydration of pea (<i>Pisum sativum</i> L.) seedlings	182
<i>Vishnyakova A.V., Nikitin M.A.</i> Resistance to new aggressive strains of blackleg in the Brassicaceae genetic collection	184
<i>Vlasova A.A., Kuzmina S.P.</i> Collection of chickpea genetic resources: ecogeographic diversity and prospects of utilization in Western Siberia	186
<i>Goncharova E.E., Mikhailova A.S., Shvachko N.A., Khlestkina E.K.</i> Candidate genes of the betalain biosynthesis pathway for editing <i>Beta vulgaris</i> L.	188
<i>Gorbunov A.B., Titov E.V.</i> Subfam. Vaccinioideae Arn. in the collection of the Central Siberian Botanical Garden SB RAS	189
<i>Daniltsev V.S.</i> Identification of the varietal composition of plants from the VIR collection suitable for cultivation under the school site conditions at Secondary School No. 193 of St. Petersburg	190

<i>Drozd E.V., Babak O.G., Nekrashevich N.A., Anisimova N.V., Yatsevich K.K., Kilchevsky A.V.</i> Biochemical analysis of fruits of F ₁ tomato hybrids with a set of alleles determining high accumulation of carotenoids and anthocyanins	192
<i>Egorova K.V., Sinyavina N.G., Kocherina N.V., Chesnokov Yu.V.</i> Mapping of quantitative trait loci (QTL) determining the content of carotenoids in the mapping population lines of double haploid <i>Brassica rapa</i> L.	194
<i>Zaretsky A.M., Solovyeva A.E., Sokolova D.V.</i> Dynamics of betacyanin content in table beet roots during storage	196
<i>Zakharchevny I.G., Malyshev L.L., Popov V.S.</i> A rapid method for distributing sweet clover (<i>Melilotus</i> Mill.) accessions according to coumarin content levels	197
<i>Ivanov A.A., Vasilyeva M.V., Rakhmangulov R.S.</i> Induction of callusogenesis in representatives of the genus <i>Paeonia</i> L. from the VIR collection	198
<i>Ivanova Yu.V., Martynenko N.M., Khomyakov Yu.V., Chikida N.N.</i> Analysis and certification of natural fertile spontaneous hybrids between <i>Aegilops</i> and wheat according to gliadin patterns. Determination of the activity of alpha- and beta-amylases	200
<i>Kamnev A.M., Antonova O.Yu., Chukhina I.G.</i> Polymorphism of the <i>Rubus sachalinensis</i> chloroplast genome in the Russian Altai	202
<i>Kvitko V.E.</i> Assessment of the infestation of winter wheat-wheatgrass hybrids with phytopathogens of a fungal nature	204
<i>Kirsanova A.S., Khokhlenko A.A., Erastenkova M.V., Sitnikov M.N.</i> Determination of the microclonal regeneration rates in grape (<i>Vitis vinifera</i> L.) accessions from the VIR collection	206
<i>Kovrizhnykh A.S., Shipilina L.Yu., Tikhonova N.G., Makeeva G.Yu., Kamylnina N.Yu., Ukhatova Yu.V.</i> The genus <i>Vaccinium</i> L. in the VIR collection	208
<i>Kuznetsova V.A., Chirkova U.A.</i> Growing cereals under urban conditions in St. Petersburg	210
<i>Lepilova E.A., Menkov M.T., Shvachko N.A., Rozanova I.V., Khlestkina E.K.</i> Identification of soybean loci for valuable agricultural traits in southern Russia	212
<i>Lokteva A.V.</i> Development of food bird cherry cultivars at the Central Siberian Botanical Garden SB RAS	213
<i>Lukina K.A., Khoreva V.I., Kovaleva O.N.</i> Naked barley as a source for breeding cultivars with high grain quality	215
<i>Malavenda A.S., Ikko N.V.</i> Measuring the content of polyphenolic components, vitamin C, and antioxidant activity of ethanol extracts in <i>Rubus chamaemorus</i> native to the Kola Peninsula	217
<i>Motov V.M., Motova M.V., Ustyuzhanin I.A.</i> Biodiversity of onion crops in the northeastern European part of Russia	219
<i>Myasoedov V.V.</i> Evaluation of the species and interspecies composition of the <i>Triticum</i> L. collection at Stavropol Breeding and Seed Production Station for use in the breeding process	222
<i>Nesterova E.A., Povalyaev A.V., Gorbunova K.N., Shvachko N.A.</i> Studying the <i>OsGATA</i> genes in rice (<i>Oryza sativa</i> L.) accessions from the VIR collection for further genome editing	224
<i>Nigamadyanov A.R., Porotnikov I.V., Volkov K.A., Antonova O.Yu.</i> Characterization of spring bread wheat from the VIR collection according to the allelic composition of the <i>Vrn1</i> genes	226
<i>Nikiforov A.A., Burlyaeva M.O., Perchuk I.N., Krylova E.A., Popov V.S.</i> Nutritional value of <i>Vigna unguiculata</i> (L.) Walp accessions with different seed colors	228
<i>Ogudin G.S., Korniyukhin D.L., Artemyeva A.M.</i> Assessment of the <i>Brassica rapa</i> L. gene pool's response to the infection with black rot (<i>Xanthomonas campestris</i> (Pammel) Dowson)	230

<i>Panchenko K.S., Silantieva M.M.</i> Evaluation of VIR's collection of Amaranthaceae genetic resources under the conditions of the forest-steppe zone in Altai Territory	231
<i>Povalyaev A.V., Nesterova E.A., Gorbunova K.N., Shvachko N.A.</i> Introduction of rice (<i>Oryza sativa</i> L.) accessions from the VIR collection into <i>in vitro</i> culture to induce callus formation	233
<i>Pogost A.A., Wineshenker T.S., Alenicheva A.D., Klimenkova I.N., Loshakova P.O.</i> Spring wheat-wheatgrass hybrids (a case study of the combination f11814 × WWH107)	235
<i>Putina O.V., Rakhmangulov R.S., Polivara N.V., Kovalenko N.N., Ukhatova Yu.V., Khlestkina E.K.</i> Obtaining regenerated plants of vegetable pea under <i>in vitro</i> culture conditions	237
<i>Rybakov D.A., Kim I.V., Ivashchenko A.D., Sherstyukova T.P., Antonova O.Yu., Gavrilenko T.A.</i> Nomenclatural standards for potato cultivars developed at Kamchatka Research Institute of Agriculture and the Federal Scientific Center of Agricultural Biotechnology of the Far East	239
<i>Ryazanova M.K., Berdigan R.D., Gavrilova V.A., Anisimova I.N.</i> The effect of gibberellic acid on the morphological characters and pollen fertility of dwarf sunflower lines	241
<i>Semilet T.V., Shvachko N.A., Kovaleva O.N., Shipilina L.Yu., Smirnova N.V., Khlestkina E.K.</i> Studying domestication genes in the barley of the 12th century	243
<i>Seredin T.M., Shumilina V.V., Agafonov A.F., Baranova E.V.</i> Main useful agronomic traits of <i>Allium cepa</i> L. from VIR's genetic collection under the conditions of the Non-Black-Earth Zone of Russia	245
<i>Simagin A.D., Simagina A.S., Chernyak K.A., Vertikova E.A., Barnashova E.K.</i> Studying the F ₃ generation of flax	246
<i>Smurova N.V., Tsitsilin A.N.</i> Some biological features of <i>Isatis tinctoria</i> L. in the first year of plant growth	248
<i>Startseva J.V., Startsev V.A., Khlestkina E.K.</i> Predicting flour quality by measuring polyphenoloxidase activity in wheat grain	250
<i>Ukhatov G.A., Krivokhatskaya Zh.V., Markelova A.A.</i> Long-term observations on the timing of the onset of phenological phases and the taste qualities of watermelons and melons grown in two regions of Russia	252
<i>Ukhatov F.A.</i> VIR and the Solovetsky Museum-Reserve: historical and patriotic aspects of cooperation	254
<i>Filimonova E.S., Vasilyeva M.V., Rakhmangulov R.S.</i> Induction of callusogenesis in daylily (<i>Heemerocallis</i> L.) from the VIR collection	256
<i>Kharchenko A.A., Marushevsky V.A.</i> Assessment of the life status in populations of <i>Fragaria</i> L. spp. in Siberia	258
<i>Khorneyak M.P., Shepel O.L.</i> Phenotyping of soybean (<i>Glycine max</i> (L.) Merrill) germplasm according to yield structure components and seed quality	260
<i>Khokhlenko A.A., Verzhuk V.G.</i> Post-cryogenic analysis of pollen viability in fruit crops (pear and almond) after storage in liquid nitrogen and its vapors (–183...–185 °C)	262
<i>Chumakova V.V., Mironova T.M.</i> Breeding value of cock's-foot collection accessions	264
<i>Shevchenko A.Yu., Aseeva T.A.</i> Results of studying common bean accessions under the conditions of the middle Amur region	267
<i>Shepel O.L., Aseeva T.A.</i> A study of grain legume crops from the VIR collection at the Far Eastern Agricultural Research Institute	269
EVENT No. 3. Generation F3: Youth Session. Poster presentations	271
<i>Andreeva A.S.</i> Molecular marking of genes for resistance to leaf and yellow rust in durum wheat (<i>Triticum durum</i> Desf.) accessions from the VIR collection	272

<i>Barabanov I.V., Rakhmangulov R.S.</i> Allelic screening of the <i>R2R3-MYB</i> genes controlling the coloration in snapdragon (<i>Antirrhinum majus</i> L.)	274
<i>Bemova V.D.</i> The effect of cartamine synthesis on the color of safflower (<i>Carthamus tinctorius</i> L.) flowers	276
<i>Volkov K.A., Porotnikov I.V., Zuev E.V., Lyapunova O.A., Antonova O.Yu.</i> Characterization of accessions from the VIR collection according to allelic composition of the <i>Rht-B1</i> and <i>Rht-D1</i> genes	277
<i>Voroshnina O.V.</i> Improvement of cryotherapy techniques in order to obtain healthy potato microplants	279
<i>Gadzhikurbanov N.A.</i> Efficiency of the protectant Deposit Supreme, ME applied on common grain beans against diseases	281
<i>Kiselev E.G., Sokolova D.V.</i> A study of VIR's spinach collection for earliness and sex divergence in ontogenesis at various sowing times under the conditions of the Northwestern Region of Russia	284
<i>Lim N.Yu., Chukhina I.G.</i> An experiment with DNA extraction from historical herbarium specimens	286
<i>Makaov A.K., Antonova O.Yu.</i> Studying of plastid DNA polymorphism in accessions of the stone fruit crop collection maintained at Maikop Experiment Station of VIR	288
<i>Mezhina K.M., Erastenkova M.V., Tikhonova N.G.</i> Testing protoplast isolation techniques for use in garden strawberry (<i>Fragaria</i> × <i>ananassa</i>) editing technologies	290
<i>Ostrykh Ya.E., Glazunova E.D.</i> Flower color biochemistry in some varieties of African violet	292
<i>Oskina N.A., Gavrilenko T.A., Antonova O.Yu., Chukhina I.G.</i> Studying the genetic diversity of historical herbarium specimens of <i>Solanum andigenum</i> Juz. et Buk.	294
<i>Pisarenko G.V., Solovyeva A.E., Rogozina E.V., Chalaya N.A.</i> New source material for the breeding of potatoes suitable for technological processing for food purposes	296
<i>Rakovskaya E.L., Chashynskiy A.V., Kozlov V.A., Rodkina I.A.</i> The results of studying Russian potato cultivars under the conditions of Belarus	298
<i>Slobodkina A.A., Pavlov A.V., Brutch N.B., Porokhvinova E.A.</i> Pink-flowered flax lines in VIR's genetic collection	300
<i>Sakaliuk H.U.</i> Molecular genetics characteristics of the <i>Secalotriticum</i> plasmotype (× <i>Secalotriticum</i> , ^{s/} RRAABB, 2n = 6x = 42)	302
<i>Tetyannikov N.V.</i> Plant genetic resources and their role in the breeding of hullless barley	304
<i>Ulyanov A.V., Krylova E.A., Shvachko N.A., Semilet T.V., Khlestkina E.K., Khatefov E.B.</i> Designing plasmids for the genetic transformation of maize	306
<i>Fedorova K.A., Starovoytova T.E., Shvachko N.A.</i> Genome-wide association studies of <i>Triticum dicoccum</i> as an instrument to increase food security	308
<i>Fedorova U.V., Safina G.F., Kon'kova N.G., Verzhuk V.G., Dubovskaya A.G.</i> The effect of ultra-low temperatures on the viability of <i>Camelina sativa</i> (L.) Crantz. and <i>Brassica napus</i> L. subsp. <i>oleifera</i> Metzger seeds	310
<i>Fokina A., Fokina An., Serchenya N., Ivanov A., Ksotina T., Kostina S., Lyalin A., Sergeeva T., Perepelkina E., Khabourzania M.Z., Krivokhatskaya Zh.V., Markelova A.A., Shibakova A.V.</i> Experimental cultivation of tomatoes and peppers from the VIR collection by the students of the Young Naturalists' Club at the Preobrazhensky Palace of Children's Creativity	312
<i>Chikida N.N., Pendinen G.I., Titova G.E., Belousova M.Kh., Ivanova Yu.V.</i> Natural fertile spontaneous hybrids between <i>Aegilops</i> and wheat: chromosomal and cytoembryological analyses	314
<i>Sherstobitov V.V., Kolesova M.A.</i> Resistance of cherry plum cultivars developed at Maikop Experiment Station of VIR to fungal diseases	316

EVENT No. 4. APPLIED GENETICS OF CULTIVATED PLANTS – DEDICATED TO THE 90TH BIRTHDAY OF B. V. RIGIN	318
<i>Abdullaev R.A., Matvienko I.I., Kovaleva O.N., Radchenko E.E.</i> Diversity of spring barley accessions from East Asian countries in their earliness and photoperiodic sensitivity	319
<i>Alpatieva N.V., Anisimova I.N., Ryazanova M.K., Vasipov V.V., Abdullaev R.A., Romanova O.I., Radchenko E.E.</i> Diversity of kaffir sorghum accessions from the VIR collection as potential donors for producing sterile lines in demand with hybrid breeding	320
<i>Antonova O.Yu., Porotnikov I.V., Mitrofanova O.P.</i> Crossability of bread wheat with rye: classical and molecular methods in the trait analysis	322
<i>Bechtold N.P., Orlova E.A., Petrash N.V., Shoeva O.Yu., Totsky I.V.</i> Development of smut-resistant barley breeding material using biotechnology methods	324
<i>Voronova O.N., Gavrilova V.A., Anisimova I.N.</i> Variability of pollen fertility indicators and possible causes of reduced seed setting in hybrids obtained using CMS lines	326
<i>Korniyukhin D.L., Artemyeva A.M., Solovyeva A.E.</i> Genetic diversity of turnip, <i>Brassica rapa</i> L. subsp. <i>rapa</i> Metzg., in biochemical indicators of root quality	328
<i>Lebedev D.V., Sorokopudov V.N.</i> Selecting vines of Quancier grape (<i>Vitis coignetiae</i> Pulliat ex Planch.) with valuable pomological traits from natural populations on Sakhalin	330
<i>Loginova E.D., Ramazanova S.A., Guchetl S.Z.</i> Application of DNA markers to study genotypes of <i>Camelina sativa</i>	332
<i>Martynov V.V., Sokolova E.A., Kuznetsova M.A., Artemyeva A.M., Fateev D.A.</i> Polymorphism of the tomato late blight resistance gene <i>Ph-3</i> in wild and cultivated tomatoes from the VIR collection	334
<i>Modorov M.V., Kiseleva O.A., Polezhaeva M.A., Chebotok E.M.</i> Genetic identification of black currant (<i>Ribes nigrum</i> L.) using microsatellite markers	335
<i>Pavlov A.V., Porokhovinova E.A., Brutch N.B.</i> Dependence of agronomic characters in flax on weather conditions according to the results of a 30-year study in the fields of Pushkin and Pavlovsk Laboratories of VIR	337
<i>Popova G.A., Shuleyko A.A., Rogalskaya N.B., Trofimova V.M.</i> The results of the work on fiber flax from Tomsk using the genetic collection held by VIR	340
<i>Radchenko E.E., Anisimova I.N.</i> Studies on the genetic diversity of cultivated plants and their wild relatives	342
<i>Rogozina E.V.</i> The potato collection maintained at VIR: from phenotypic research to molecular genetics analysis	344
<i>Solodukhina O.V.</i> Donors of disease resistance and low content of water-soluble pentosans in grain for rye breeding	346
<i>Tyryshkin L.G.</i> Genetic diversity of cereal crops for effective resistance to fungal foliar diseases	348
<i>Yakovleva O.V.</i> Producing barley donors of resistance to toxic aluminum ions	350
<i>Yatsevich K.K., Babak O.G., Shesteren P.V., Drozd E.V., Nekrashevich N.A., Anisimova N.V., Kilchevsky A.V.</i> Polymorphism of the <i>Atroviolacea</i> (ATV) gene's orthologs in the Solanaceae family	352
EVENT No. 5. APPLIED BIOCHEMISTRY AND PHYSIOLOGY OF CULTIVATED PLANTS – DEDICATED TO THE 130TH BIRTHDAY OF N. N. IVANOV	354
<i>Baimuratov A.Zh., Iskakov A.R., Sariiev B.S.</i> Main results of cooperation between VIR and the Kazakh Institute of Agriculture and Plant Growing on grain and fodder crop breeding	355

<i>Burlyayeva M.O., Gurkina M.V., Zinchenko Yu.N., Razgonova M.P.</i> Application of the methods of tandem mass spectrometry, laser microscopy, and multivariate analysis of phenotypic characters for differentiation among cowpea cultivars for vegetable and grain uses	358
<i>Vishnyakova M.A., Shaukharov R.A., Agakhanov M.M., Kocherina N.V., Dzyubenko E.A.</i> Differentiation of the guar gene pool with respect to drought in Volgograd Province	361
<i>Gataulina G.G., Shitikova A.V., Medvedeva N.V.</i> Periods of development and dynamic parameters of yield formation in white lupine (<i>Lupinus albus</i> L.) cultivars of the determinant growth type	363
<i>Grigoryev S.V., Shelenga T.V.</i> Biological fortification of textile crop fibers	366
<i>Kazydub N.G., Kuzmina S.P., Chernov R.V.</i> Justification of the parameters of the model common bean cultivar for use in the southern forest-steppe of Western Siberia	368
<i>Kiselyova A.A., Shuliko N.N.</i> Analysis of the generic composition of the eukaryotic community based on metagenomic analysis	370
<i>Krylova E.A., Burlyayeva M.O., Khlestkina E.K.</i> The role of jasmonates in maintaining the growth type stability in cowpea under high air humidity conditions	372
<i>Kukoeva T.V., Stasyuk A.I., Thubacheeva N.V., Totsky I.V., Grigoriev Yu.N., Shoeva O.Yu., Salina E.A.</i> Breeding scheme for obtaining malt barley lines on the basis of Siberian cultivars of <i>Hordeum vulgare</i> L.	373
<i>Kurina A.B., Solovyeva A.E.</i> Bioactive compounds in medicinal and aromatic plants from the VIR collection	375
<i>Lysenko N.S., Malyshev L.L., Puzansky R.K., Shelenga T.V.</i> Biomarkers for aluminum tolerance in winter-hardy forms of <i>Triticum aestivum</i> L. from the VIR collection	377
<i>Maximov R.A.</i> Adaptive reaction of spring barley cultivars from the VIR collection (St. Petersburg) under the conditions of the Middle Urals	380
<i>Popov V.S., Shelenga T.V., Khoreva V.I., Perchuk I.N., Solovyeva A.E., Salikova A.V., Kon'kova N.G.</i> Application of NIR spectrometry to measure the basic biochemical quality indicators in legumes and oil crops	381
<i>Sokolova D.V., Aslanova A.A., Zaretsky A.M., Shelenga T.V.</i> Screening of the grain forms of amaranth from the VIR collection for earliness under the conditions of the Northwestern Region of Russia	383
<i>Fomenko P.A.</i> The effect of the maize hybrid type on nutritional value of silage	385
<i>Khassanova G.Zh., Jatayev S.A., Kuzbakova M., Shavrukov Y.N.</i> Legume crop breeding in Northern Kazakhstan	387
<i>Tsvetkova N.V., Andreeva E.A., Safonova I.V., Zysin P.A.</i> Evaluation of the antioxidant ability in Russian rye cultivars	389
<i>Shevchenko O.V., Aseeva T.A.</i> Laboratory assessment of the effectiveness of fungicides against seed infection in peas	391
<i>Shelenga T.V., Malyshev L.L., Kerv Yu.A., Konarev A.V., Dyubenko T.V., Khoreva V.I., Belousova M.Kh., Kolesova M.A., Chikida N.N.</i> Metabolomic labeling of the resistance of cereals (<i>Aegilops tauschii</i> ; <i>Triticum aestivum</i>) from the VIR collection to biotic and abiotic environmental stresses	393
<i>Shuliko N.N.</i> Analysis of structural and functional diversity of the fungal component of the microbiome using the metagenomic method	395
EVENT No. 6. PLANT BIODIVERSITY: LEGAL, REGULATORY, ETHICAL, SOCIAL AND ECONOMIC ASPECTS	396
EVENT No. 7. ROUND TABLE “WEEDS AND INVASIVE PLANTS” – DEDICATED TO THE 145TH BIRTHDAY OF A. I. MALTSEV	397
<i>Bagmet L.V.</i> Medicinal comfrey: a malicious weed in Leningrad Province	398
<i>Bazhanova O.V., Shiplina L.Yu.</i> Ida Mandenova was a Soviet botanist	400

<i>Bochkarev V.D., Tyukina E.V., Bochkarev D.V., Nikolsky A.N.</i> Species composition of the weed cenosis in potato plantings under different levels of anthropogenic impact	402
<i>Varganova I.V., Gorshkov V.V.</i> Changes in the composition of the aboveground vegetation cover on a long-abandoned field while it is overgrown by aspen trees (Leningrad Province)	405
<i>Vorobyov N.I., Lysov A.K., Ladan S.S., Pishchik V.N.</i> Neural network monitoring of light-reflecting spectra of weeds and cultivated plants	407
<i>Zaushintsena A.V., Svirikova S.V., Shamina L.Yu., Bryukhachev E.N.</i> Weeds in the potato agrocenosis	408
<i>Ladan S.S., Khasanova G.R., Alekperova E. A.</i> Agrochemical aspects of the dynamics of segetal phytocenoses under no-till technologies	410
<i>Loskutov I.G. A. I.</i> Maltsev was a leading weed expert and taxonomist of the genus <i>Avena</i> L.	412
<i>Nuzhnaya N.A., Filatova I.A.</i> The process of crop contamination with weeds on sloping terrain	414
<i>Pervusheva M.A., Varganova I.V.</i> The genus <i>Lamium</i> L. in the herbarium of weedy plants (WIR)	416
<i>Talovina G.V.</i> Invasive species of crop wild relatives in the flora of the islands of Iturup, Kunashir, and Shikotan	418
<i>Cherniavskikh V.I.</i> Distribution of <i>Asclepias syriaca</i> L. in different habitats of agricultural landscapes in the south of the Central Russian Upland	420
EVENT NO. 8. PRESERVATION AND DEVELOPMENT OF HUMAN RESOURCES IN THE FIELD OF STUDYING AND USING PLANT GENETIC RESOURCES – DEDICATED TO THE MEMORY OF L. V. KHOTYLEVA	422
<i>Vertikova E.A.</i> Training of highly qualified personnel at the Department of Genetics, Breeding and Seed Production of the Russian State Agrarian University – Moscow Timiryazev Agricultural Academy in the context of modern requirements of the agro-industrial complex	423
<i>Ryazantsev N.V., Zavarzin A.A., Ukhatova Yu.V.</i> Forming and developing human resources for plant breeding in Russia: education, science, production (based on the example of cooperation between the Vavilov University and VIR)	425
EVENT No. 9. STUDY OF PLANT GENETIC RESOURCES: HISTORICAL AND CULTURAL ASPECTS	427
<i>Avrutskaya T.B.</i> Potatoes (botanical essay): an unknown manuscript by N. I. Vavilov	428
<i>Iskakov A.R., Urazaliev R.A.</i> The role of the Bureau of Applied Botany in the formation and development of plant breeding in Kazakhstan	430
<i>Kamnev A.M.</i> On the history of berry crop studies at VIR	433
<i>Kotelkina I.V.</i> VIR’s electronic library “Scientific Heritage of VIR”: Nikolai Ivanovich Vavilov (1887–1943), Georgy Dmitrievich Karpechenko (1899–1941)	436
<i>Ryazantsev N.V. N. I. Vavilov’s</i> contribution to the development of the higher agricultural school in Saratov (on the 110th anniversary of the scientist’s first visit to Saratov Province)	439
EVENT No. 10. CEREALS (AND THE ROUND TABLE “BREAD OF RUSSIA”)	441
<i>Brazhnikov P.N., Sainakova A.B.</i> Source material for winter rye breeding under the conditions of the north of Tomsk Province	442
<i>Vladimirova E.S.</i> Adaptive properties of the yield of spring bread wheat cultivars from the VIR global collection under the conditions of Central Yakutia	444
<i>Vodeneev V.A.</i> Phenotyping based on registration of electrical activity in plants. Potential of the approach for producing cultivars resistant to stressors	446
<i>Voronov S.I., Lapochkina I.F., Divashuk M.G.</i> A retrospective and perspective view on the Arsenal Bread Wheat Collection	447

<i>Davydova N.V., Kazachenko A.O., Shirokolava A.V., Rezepkin A.M., Nardid V.A., Gracheva A.V., Karyeva E.S.</i> Source material for spring wheat breeding at Nemchinovka Federal Research Center	449
<i>Dorokhov B.A., Chaikin V.V.</i> Breeding aspects of winter wheat overwintering under changing climate conditions in the southeastern part of the Central Black Earth Region	451
<i>Kiseleva I.S., Ermoshin A.A.</i> Intraspecific variability of photosynthetic tissue parameters in the flag leaf of <i>Triticum dicoccum</i> (Schrank) Schuebl.	453
<i>Lyashcheva S.V., Konkova E.A.</i> Studying the gene pool of winter bread wheat from the global collection in order to identify the sources of resistance to brown rust	455
<i>Nikolaev P.N., Yusova O.A.</i> The VIR collection in plant breeding practice at Omsk Agricultural Scientific Center	457
<i>Solovyeva M.V., Kibkalo I.A., Obukhova N.S., Zuev E.V., Shvachko N.A.</i> Variability of rheological properties of dough in spring bread wheat accessions depending on the geographic site of their cultivation	459
<i>Startsev V.A., Khlestkina E.K.</i> New frontiers in developing microsatellite genotyping of <i>Triticum aestivum</i> using DNA fragment analysis	461
Obtaining and studying new wheat forms with purple and black grain	463
<i>Alphabetical index of the authors of the abstracts</i>	469
SUPPLEMENTS	472
Supplement I. The official part and lecture “Genetic resources of plants: scientific and cultural-historical heritage” from the cycle “Knowledge about Russia”	473
Supplement II. PROGRAM of the Conference “VIR – 130 : Plant Genetic Resources : On the 130th anniversary of the establishment of the Bureau of Applied Botany under the Scientific Committee of the Ministry of Agriculture and State Property of the Russian Empire”	476

ОРГАНИЗАТОРЫ И ПАРТНЕРЫ



ВИР-130
Федеральный исследовательский
центр Всероссийский институт
генетических ресурсов растений
имени Н.И. Вавилова



Национальный центр



*генетических ресурсов
растений*



**ПРЕЗИДЕНТСКАЯ
БИБЛИОТЕКА**



СПОНСОРЫ МЕРОПРИЯТИЯ



Brabender®

АВРОРА
ТЕХНОЛОГИИ ИЗМЕРЕНИЙ

ВСТУПИТЕЛЬНОЕ СЛОВО

Дорогие друзья! Уважаемые коллеги!

130 лет назад, 8 ноября (27 октября по старому стилю) 1894 года, при Ученом комитете Министерства земледелия и государственных имуществ Российской империи было создано Бюро по прикладной ботанике. Бюро – правопродшественник ВИР, института с мировым именем, директором-организатором которого стал наш знаменитый соотечественник Николай Иванович Вавилов. Именно с Бюро по прикладной ботанике началось научное-технологическое создание и обеспечение продовольственного щита нашей страны – знаменитой Вавиловской коллекции генетических ресурсов культурных растений. Коллекция имеет не только научное значение и выполняет важнейшую функцию в сфере продовольственной безопасности. С историей ее создания и сохранения, как и с историей самого ВИР (таблица), связаны события, отражающие влияние нашей страны на глобальную экономику и политику и формирующие культурно-историческое наследие нашей Родины. Знаменательно, что событие состоялось в год 80-летия снятия блокады Ленинграда и в преддверии 80-летия Великой Победы, связанных с судьбой каждого сотрудника ВИР.



Таблица. Важные даты в истории ВИР

Год	Событие
1894	Создано Бюро по прикладной ботанике
1924	Учреждение реорганизовано в институт (Всесоюзный институт прикладной ботаники и новых культур)
1930	Учреждение стало Всесоюзным институтом растениеводства (ВИР)
1941-1944	Вавиловская коллекция сохранена в годы блокады
1967	Институту присвоено имя Н. И. Вавилова
1992	Учреждение стало Всероссийским научно-исследовательским институтом растениеводства имени Н.И. Вавилова; часть опытных станций филиальной сети ВИР осталась за пределами страны и стала зарубежными институтами – партнерами ВИР
1994	ВИР получил статус Государственного научного центра
2014	Институт преобразован в Федеральный исследовательский центр Всероссийский институт генетических ресурсов растений имени Н.И. Вавилова (ВИР)
2022	На базе ВИР Указом Президента Российской Федерации № 44 от 08.02.2022 «О Национальном центре генетических ресурсов растений» создан первый в стране Национальный биоресурсный центр
2022	ВИР отнесен к системообразующим организациям российской экономики
2023	Сеть опытных станций ВИР расширилась до 15 филиалов, шесть из них сегодня находятся в районах Крайнего Севера и приравненных к ним
2024	Принят не имеющий аналогов в мировой практике федеральный закон «О биоресурсных центрах и биологических (биоресурсных) коллекциях», инициатором которого выступил ВИР

Основным организатором юбилейной конференции выступил ВИР. Вместе с ним организаторами и партнерами стали Министерство науки и высшего образования Российской Федерации, Российская академия наук, Президентская библиотека и Вавиловское общество генетиков и селекционеров.

Конференция «ВИР – 130: Генетические ресурсы растений» явилась платформой для обсуждения самых актуальных на сегодняшний день вопросов сохранения генетических ресурсов культурных растений и их диких родичей – от необходимости подготовки новых нормативных актов федерального уровня до успехов в отечественной селекции различных культур и усиления роли генетики в обеспечении продовольственной и технологической безопасности России. Конференция объединила серию из 10 мероприятий и круглых столов, призванных осветить всю широту современных направлений работы с коллекциями генетических ресурсов растений и их применения в фундаментальной науке, сельском хозяйстве, медицине, промышленности. Завершилась конференция 8 ноября 2024 г. торжественным заседанием и расширенным видеолекторием «Генетические ресурсы России: научное и культурно-историческое наследие», организованном Президентской библиотекой совместно с ВИР в рамках цикла «Знание о России». Лекторий собрал более 300 очных участников и более 1500 онлайн.

Конференция «ВИР – 130: Генетические ресурсы растений» стала важнейшим мероприятием Декады науки и технологий в Российской Федерации. В ее работе приняли активное участие не только ведущие специалисты в сфере работ с биоресурсными коллекциями, но и молодые ученые, аспиранты, студенты, а на одной из ее площадок выступили с докладами и учащиеся школ.

Преемственность поколений в череде тех, кто, независимо от возраста, проникнут идеей значимости вопросов создания, формирования, сохранения, развития, изучения и использования биологических коллекций, вдохновляет и дает уверенность в том, что созданное нашими предшественниками научное-технологическое обеспечение продовольственного щита нашей страны имеет и будет иметь прочную и непрерывную кадровую поддержку.

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



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



Национальный центр
генетических ресурсов
растений



ПРЕЗИДЕНТСКАЯ
БИБЛИОТЕКА



МЕРОПРИЯТИЕ № 1. *EX SITU* И *IN SITU* СОХРАНЕНИЕ И МОБИЛИЗАЦИЯ ГЕНЕТИЧЕСКИХ РЕСУРСОВ

EVENT No. 1. *EX SITU* AND *IN SITU* CONSERVATION AND MOBILIZATION OF GENETIC RESOURCES



ОСНОВНЫЕ НАПРАВЛЕНИЯ МОБИЛИЗАЦИИ ОВОЩНЫХ И БАХЧЕВЫХ КУЛЬТУР ВИР

А. М. Артемьева

Федеральный исследовательский центр Всероссийский институт генетических ресурсов растений имени Н.И. Вавилова (ВИР), Санкт-Петербург, Россия, akme11@yandex.ru

MAIN DIRECTIONS OF VEGETABLE AND CUCURBIT CROP MOBILIZATION AT VIR

A. M. Artemyeva

N.I. Vavilov All-Russian Institute of Plant Genetic Resources (VIR), St. Petersburg, Russia, akme11@yandex.ru

С учетом сужения генетической базы современных сортов интенсивного типа возрастает роль сохранения и расширения вариабельности признаков культурных растений в генных банках. Согласно Н. И. Вавилову, мировая коллекция генетических ресурсов растений должна отражать естественное разнообразие культурных растений и их дикорастущих родичей, с учетом эволюционного аспекта.

Мировая коллекция генетических ресурсов овощных и бахчевых культур ВИР создана в 1922 г., в настоящее время включает более 53 тысяч образцов различного статуса (5% – дикие виды и примитивные формы, 33% – староместные сорта, 50% – селекционные сорта, 12% – селекционные линии и гибриды (гибридные популяции) из 98 стран мира.

Основные направления расширения биоразнообразия коллекции: сбор диких видов и местных форм с высокой степенью устойчивости к биотическим и абиотическим стрессам, ценным биохимическим составом; привлечение в коллекцию недостающих в ней звеньев эволюционных рядов овощных культур от предковой формы до современных сортов и линий; интродукция новых для России культур и типов сортов; привлечение лучших мировых достижений по основным и новейшим направлениям селекции; привлечение генетического материала – мутантных, инбредных, самонесовместимых линий, линий с ЦМС, линий удвоенных гаплоидов.

За 100 лет в ВИР были проведены 442 экспедиции, которые собирали овощные культуры на пяти континентах. За последние 15 лет проведены 30 экспедиций по сбору дикорастущих растений (прежде всего родов *Lactuca*, *Spinacea*, *Daucus*, *Allium*, *Cichorium*) и местных форм овощных и бахчевых культур по территории России, в том числе Крыма, Кабардино-Балкарии, Адыгеи, Карачаево-Черкесии, Северо-Западного, Центрального, Приволжского регионов, Алтая, Дальнего Востока, а также стран ближнего зарубежья: Абхазии, Азербайджана, Армении, Грузии, Казахстана, Кыргызстана, Таджикистана, Узбекистана, Украины, в ходе которых собрано более 4 тысяч образцов.

В коллекцию привлекаются образцы, созданные в Российских селекцентрах ФНЦО, МСХА, СибНИИРС, ДальНИИСХ и др.; в селекцентрах стран СНГ: Белорусский НИИ овощеводства, БелИГиЦ, Казахский ин-т овощных культур и картофеля; образцы из зарубежных генных банков: Германии, Нидерландов, Испании, Китая, Кореи; зарубежных НИИ: Ун-т Вагенингена (Нидерланды), Китайский Северо-восточный ун-т (Харбин), НИИ овощных и цветочных культур (Пекин), НИИ овощных и декоративных культур (Пекин); российских и зарубежных селекционно-семеноводческие фирм. Ежегодное пополнение коллекции овощных и бахчевых культур составляет 550–650 образцов.

ГЕНЕТИЧЕСКИЙ ФОНД ВИР КАК ОСНОВА ЭФФЕКТИВНОЙ СЕЛЕКЦИИ НА ПРИМЕРЕ ОВСА

Г. А. Баталова

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

GENETIC DIVERSITY PRESERVED AT VIR AS THE BASIS FOR EFFECTIVE BREEDING ON THE EXAMPLE OF OATS

G. A. Batalova

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

Одной из основных задач обеспечения продовольственной безопасности Государства, его целостности, независимо от изменения внешних и внутренних условий, является устойчивое развитие производства сельскохозяйственной продукции, сырья и продовольствия и, соответственно этому, развития фундаментальных и прикладных научных исследований, в том числе в области биологии и селекции растений для разработки новых видов сырья различного назначения использования. Как отмечал Жан Жак Руссо (1712–1778 гг.) – «Единственное средство удержать Государство в состоянии независимости от кого-либо – это сельское хозяйство. Обладай мы хоть всеми богатствами мира, если нечем питаться – вы зависите от других... Торговля создает богатство, но сельское хозяйство обеспечивает свободу».

По производству зерна всех культур Россия занимает 4 место среди стран мира. В мире производится в последние годы около 23 млн тонн зерна овса в год (<https://www.atlasbig.com/ru/страны-по-производству-овса>). Россия – крупнейший производитель овса в мире – более 4,761 млн тонн в год, второе место занимает Канада – 3,020 млн тонн в год. Основные посевы культуры в РФ сосредоточены в Сибирском и Приволжском федеральных округах (<https://sdelanounas.ru/blogs/158306/>). Десять основных регионов-производителей овса собрали в 2023 г. 45,3% урожая овса в стране, среди них Кировская область занимает 7 место (<https://ab-centre.ru/news/rossiyskiy-gynok-ovsa-kompleksnyy-analiz>).

Зерно овса востребовано на мировом рынке, по итогам января – февраля 2024 г. суммарные объемы вывоза российского овса выросли в 3,5 раза в сравнении с тем же периодом 2023 г. и превысили отметку в 64 тыс. тонн (<https://lenta.ru/news/2024/03/13/vyvoz-ovsa-iz-rossii-vzletel/>). Основные импортеры овса Китай и Монголия. По предварительным расчетам, к 2030 г. потенциал российского экспорта овса достигнет уровня 500–600 тыс. тонн (<https://sfera.fm/news/zernovye/eksport-ovsa-mozhet-vyrasti-do-500-tys-tonn-k-2030-godu>).

Однако, несмотря на достигнутые результаты селекции культуры и учитывая неудовлетворенный спрос в продуктах питания ряда регионов планеты, одним из наиболее актуальных направлений современной науки остается селекционное улучшение растений, как с использованием классических, так и современных селекционных технологий. Следует отметить, что несмотря на применение новейших технологий в селекции растений, влияние факторов среды их произрастания не преодолено, а ввести производство зерновых культур в контролируемые условия нереально. В связи с этим мы должны беречь и эффективно использовать естественно-природные средства производства, в частности коллекционный генофонд растений как источник и основу благосостояния будущих поколений человечества.

В настоящее время генофонд овса ФАНЦ Северо-Востока насчитывает более чем 1100 образцов, как из генофонда ВИР, так и собственной селекции. Сюда входят и образцы

овса пленчатого и голозерного, полученные в рамках сотрудничества с Байченской СХА (Китай).

В производство на территории России в 2024 г. допущено 159 сортов овса пленчатого и голозерного, среди них 17 сортов селекции ФАНЦ Северо-Востока (<https://gossortrf.ru/registry/>). Сорт Кречет занимает в рейтинге сортов культуры 7-е место по распространению в посевах (<https://direct.farm/post/top-sortov-ovsa-za-2023-god-13400>). В основе сорта источники генофонда ВИР из Германии – AC-805 и Siegfried. Сорт востребован в производстве с 2005 г. в силу сочетания высокой урожайности (до 9,1 т/га) с пластичностью и повышенным качеством зерна (натурная масса 493 г/л, пленчатость 25,5%, белка в зерне 10,82%), пригодности к выращиванию на низкоплодородных почвах на зерно и кормовую массу. Отселектирован среднеспелый урожайный по зерну и кормовой массе сорт овса пленчатого Медведь, сочетающий крупное высокого качества зерно (масса 1000 зерен 41,9 г в среднем, пленчатость 26,2%, белок в зерне 13,74%, натурная масса 575 г/л) с высоким стеблестоем (91,4–104,8 см). В создании сорта использовали образцы коллекции ВИР: овес голозерный Adam и пленчатый Rodney E из Чехословакии, скороспелый пленчатый сорт российской селекции Улов. С включением в селекционный процесс пленчатых источников из России (Фауст и Конкур) и голозерного образца Manu (Германия) получен новый сорт овса пленчатого Кировский 2, допущенный в производство с 2024 г. по Северо-Западному, Центральному, Волго-Вятскому, Центрально-Черноземному регионам районирования для выращивания на зерно и кормовую массу. Новый сорт формирует зерно высокого качества (натурная масса 573 г/л, пленчатость 23,4 %, масса 1000 зерен 38,5 г, белка 11,58 %, жира 5,51 %), выход крупы – 61,4%. Сорт овса устойчив к полеганию, имеет практическую устойчивость к пыльной головне и корончатой ржавчине, толерантен к повреждению шведской мухой, слабо поражается корневыми гнилями.

Ежегодно в коллекционных питомниках изучают в двух экологических точках Кировской области (Киров, Фаленик), на трех почвенных фонах изучают 180–230 образцов генофонда ВИР и собственной селекции, новые генотипы из Китая. По результатам полевой и лабораторной оценки 218 образцов генофонда овса пленчатого и голозерного 2022–2023 гг. выделены источники, актуальные в селекции и для формирования генетической коллекции хозяйственно ценных признаков пленчатые, в т. ч. раннеспелые 8, с большой массой 1000 зерен – 3, с высокой натурой зерна – 5, в т. ч. устойчивые к пыльной головне и корончатой ржавчине (к-13664 Рс 47, к-14220 Рс 58, к-14221 Рс 60 (Канада); низкопленчатые – 3 образца; по комплексу признаков отобраны источники к-15405 Raven (Чехия), к-15626 Памяти Ушакова (Россия), к-15546 UFRGS-22 (Бразилия), к-15585 Мутант 261 (Швеция); выделены источники для селекции овса голозерного с высоким содержанием белка и жира в зерне к-15461 Королек (Беларусь), по комплексу хозяйственно ценных признаков: к-15757 Самсон 57, к-15554 КСИ-36-14 (Россия), Ко-4580 ВАІ 2, к-15647 YUAN ZA 2 (Китай) и др. Всего выделены 23 источника из мирового генофонда культуры. Урожайность пленчатого сорта-стандарта Кречет изменялась от 534 г/м² в 2022 г. до 428 г/м² в 2023 г., для овса голозерного Першерон урожайность составила соответственно по годам 137 г/м² и 275 г/м². Выявлена достоверная корреляционная зависимость урожайности пленчатых и голозерных образцов от погодных условий в период вегетации в 2022–2023 гг. ($r = 0,596–0,553$) и его продолжительности ($r = 0,557–0,515$). Средний за годы исследований период «всходы – восковая спелость» у голозерных генотипов составил 77–91 день: раннеспелые образцы к-15662 ВАІ YAN 8 (Китай), наиболее продолжительный период вегетации 91 день был у к-15440 Пибанд (Россия). У пленчатых образцов период «всходы – восковая спелость» варьировал от 70 дней (образец из Швеции к-15054 Sirius II) до 89 дней (образец из Туниса к-15251 местный). Короткий период вегетации (71–73 дня) имели пленчатые образцы: к-15626, к-15605, к-15607, к-15609, к-15042, к-15697, к-15405, к-15596, к-15597 при урожайности 147–500 г/м².

Выявлена средняя зависимость урожайности от продолжительности периода вегетации у пленчатых и голозерных форм ($r = 0,557$ и $r = -0,515$ соответственно).

ВОЗДЕЛЫВАНИЕ КАПУСТЫ КОРМОВОЙ ‘МОЗГОВАЯ ЗЕЛЕНАЯ ВОЛОГОДСКАЯ’ В УСЛОВИЯХ ВОЛОГОДСКОЙ ОБЛАСТИ

В. В. Вахрушева, Е. Н. Прядильщикова

Вологодский научный центр Российской академии наук (ВолНЦ РАН), Вологда, Россия,
vvesniba@mail.ru

CULTIVATION OF THE FODDER CABBAGE ‘MOZGOVAYA ZELENAYA VOLOGODSKAYA’ UNDER THE CONDITIONS OF VOLOGDA PROVINCE

V. V. Vakhrusheva, E. N. Pryadilshchikova

Vologda Research Center of the Russian Academy of Sciences (VolRC RAS), Vologda, Russia,
vvesnina@mail.ru

Сорт кормовой капусты ‘Мозговая зеленая вологодская’ выведен на Вологодской государственной сельскохозяйственной опытной станции многолетним массовым отбором. Авторами сорта являются М. Ф. Светенко, Н. А. Гвоздиков, З. И. Бритвина. В Вологодской и смежных с ней областях были получены высокие и устойчивые урожаи зеленой массы с гектара, в среднем за годы возделывания – 559 ц (в отдельные годы – до 1000 ц). Урожайность семян в среднем – 8 ц/га, максимально было получено 18 ц/га. Капуста кормовая ‘Мозговая зеленая вологодская’ дает высокопитательный сбалансированный по протеину корм для сельскохозяйственных животных. Культура имеет высокий коэффициент переваримости питательных веществ, а ее повышенная сочность способствует лучшей переваримости соломы, концентратов и других кормов в рационе. Усвояемость зеленого корма и силоса в среднем: белка – 68 и 72%, жира – 57 и 72%, клетчатки – 70 и 67%, безазотистых экстрактивных веществ – 80 и 75% соответственно. В последние годы в России эта культура незаслуженно забыта. Наши исследования направлены на адаптацию ценного старого сорта капусты кормовой ‘Мозговая зеленая вологодская’ к современным климатическим и агротехническим условиям возделывания ее на кормовые цели. В 2022 году при повышенном температурном режиме на фоне дефицита осадков урожайность зеленой массы составила 44,6 т/га. По продуктивности и питательности зеленая масса капусты кормовой сорта ‘Мозговая зеленая вологодская’ превысила такие силосные культуры, как кукуруза сорта ‘Скандинав’, райграс пастбищный. Получена высокопитательная зеленая масса капусты кормовой с содержанием ОЭ до 12,2 МДж. Высокая морозоустойчивость позволяет включать капусту в зеленый конвейер для скармливания с сентября до декабря.

Благодаря высоким кормовым достоинствам капуста ‘Мозговая зеленая вологодская’ заслуживает широкого использования в качестве кормовой культуры, но семеноводство ее в России в настоящее время практически не ведется. Для возвращения в рацион животных и, соответственно, расширения площадей ее возделывания в Российской Федерации необходимо развертывание семеноводства и селекционной работы по улучшению существующих, созданию новых сортов и гибридов со свойствами, пригодными к возделыванию в современных климатических и технологических условиях.

Выводы: капуста кормовая ‘Мозговая зеленая вологодская’ позволяет получить в условиях Вологодской области урожайность зеленой массы 450–550 ц/га; капуста кормовая ‘Мозговая зеленая вологодская’ дает высокопитательный сбалансированный по протеину корм для сельскохозяйственных животных; использование капусты кормовой ‘Мозговая зеленая вологодская’ позволяет продлить сырьевой конвейер на 1,5–2 месяца; средняя урожайность семян капусты кормовой ‘Мозговая зеленая вологодская’ составляет около 8 ц/га.

УСТОЙЧИВОСТЬ ОБРАЗЦОВ МЯГКОЙ ПШЕНИЦЫ ИЗ КОЛЛЕКЦИИ ВИР К РЖАВЧИНЫМ ЗАБОЛЕВАНИЯМ В РАЗНЫЕ ФАЗЫ ОНТОГЕНЕЗА

Г. В. Волкова, В. Д. Руденко, О. А. Кудинова

Федеральный научный центр биологической защиты растений, Краснодар, Россия,
galvol.bpp@yandex.ru

RESISTANCE OF BREAD WHEAT ACCESSIONS FROM THE VIR COLLECTION TO RUST DISEASES IN DIFFERENT PHASES OF ONTOGENESIS

G. V. Volkova, V. D. Rudenko, O. A. Kudinova

Federal Research Center for Biological Plant Protection, Krasnodar, Russia,
galvol.bpp@yandex.ru

Цель настоящих исследований – изучить устойчивость к возбудителям бурой, желтой и стеблевой ржавчины образцов пшеницы из коллекции ВИР в разные фазы онтогенеза и выявить новые источники с групповой устойчивостью.

Материалом исследования являлись северокавказские популяции возбудителей желтой, бурой и стеблевой ржавчины. Для размножения спорового материала бурой ржавчины использовали сорт Мичиган Амбер, желтой ржавчины – сорт Kaw, стеблевой ржавчины – сорт Гелиос. Объектом исследования являлись 57 сортообразцов пшеницы из коллекции ВИР.

Оценку устойчивости к ржавчинам во взрослом состоянии проводили на полевом стационаре ФГБНУ ФНЦБЗР в условиях искусственного инфекционного фона, а в ювенильную фазу – в климатических камерах BINDER KBF 720. Участок инфекционного фона каждого патогена находился в необходимой для проведения исследования пространственной изоляции. Иммунологическую оценку сортов в полевых условиях проводили в период максимального развития болезни, в конце мая – начале июня в фазы развития пшеницы GS71–GS77. Тип поражения и степень развития патогенов проводили по методике, разработанной CIMMYT. Учет типов реакций растений на ржавчины отмечали на 10–14-е сутки после инокуляции по шкалам Gassner, Straib; Stakman, Jackson в условиях климатической камеры.

Установлено, что в полевых условиях к северокавказской популяции возбудителя бурой ржавчины большинство образцов (93 % от числа изученных) показали устойчивую реакцию, при этом восприимчивый сорт Michigan amber был поражен на 80 % (рисунок).

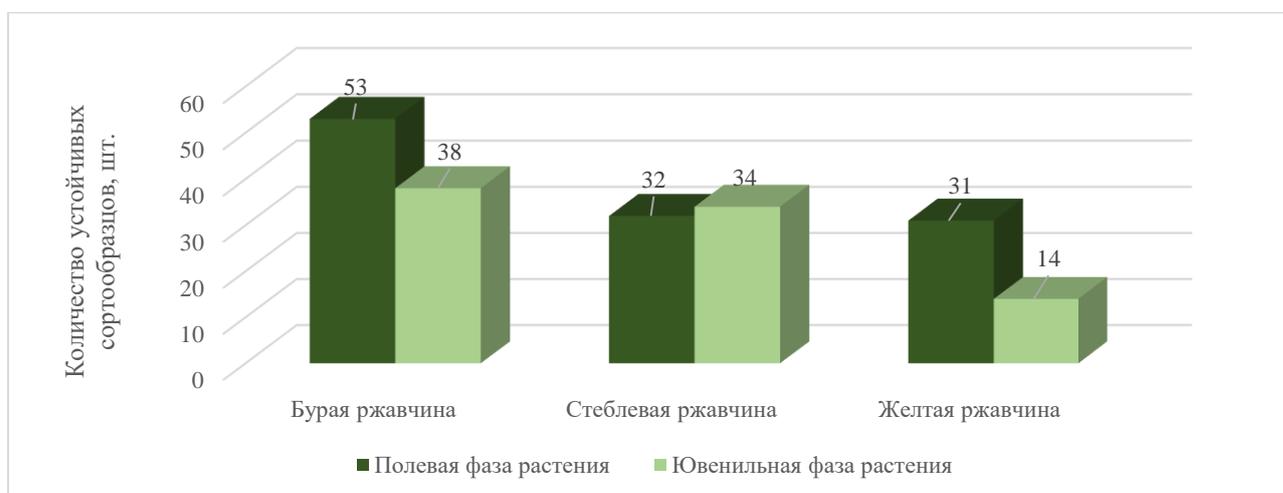


Рисунок. Количество устойчивых образцов пшеницы к северокавказским популяциям возбудителей бурой, желтой, стеблевой ржавчины в разные фазы онтогенеза

В условиях климатической камеры 67 % от числа изученных образцов проявили устойчивость к бурой ржавчине. К северокавказской популяции возбудителя стеблевой ржавчине выявлено 56 % и 60 % устойчивых образцов во взрослую и ювенильную фазы соответственно. Наименьшее количество устойчивых образцов в ювенильную фазу отмечено к северокавказской популяции возбудителя желтой ржавчины пшеницы, что составило 25 % от числа изученных, а в фазу взрослых растений было выявлено 54 % устойчивых от числа изученных.

Групповая устойчивость к трем ржавчинам в обе фазы выявлена у пяти образцов пшеницы из коллекции ВИР (таблица). Данные образцы являются перспективными источниками групповой устойчивости рекомендованы для селекции.

Таблица. Устойчивость коллекционных образцов ВИР пшеницы к северокавказским популяциям возбудителей бурой, желтой и стеблевой ржавчины в разные фазы онтогенеза (полевой стационар, камера искусственного климата ФГБНУ ФНЦБЗР, среднее за 3 года)

Сорт, линия	Оригинатор	Бурая ржавчина		Стеблевая ржавчина		Желтая ржавчина	
		Тип реакции, балл	Развитие болезни, %	Тип реакции, балл	Развитие болезни, %	Тип реакции, балл	Развитие болезни, %
Проза (к-65070)	Коллекция генетических ресурсов ВИР	0	0	0	0	0	1R
PHRSV-03 (к-65152)		0	1R	;	1R	2	5R
KS 91 WGRC11 (к-65615)		1	0	1	5MR	0	10MR
Samgau (к-65823)		0	0	2	0	0	0
Тулайковская Надежда (к-65827)		0	10MR	2	0	0	1R

СОХРАНЕНИЕ ОБРАЗЦОВ СЕЛЕКЦИОННЫХ СОРТОВ И ДИКОРАСТУЩИХ ВИДОВ МАЛИНЫ И ЕЖЕВИКИ В КОНТРОЛИРУЕМЫХ УСЛОВИЯХ СРЕДЫ

С. Е. Дунаева, А. В. Таций, Е. В. Кузьмина, О. В. Лисицына, Т. А. Гавриленко
Федеральный исследовательский центр Всероссийский институт генетических ресурсов растений имени Н.И. Вавилова (ВИР), Санкт-Петербург, Россия, dunaevase@mail.ru

PRESERVING ACCESSIONS OF RELEASED CULTIVARS AND WILD SPECIES OF RASPBERRY AND BLACKBERRY UNDER CONTROLLED ENVIRONMENTAL CONDITIONS

S. E. Dunaeva, A. V. Tatsiy, E. V. Kuzmina, O. V. Lisitsyna, T. A. Gavrilenko
N.I. Vavilov All-Russian Institute of Plant Genetic Resources (VIR), St. Petersburg, Russia, dunaevase@mail.ru

Развитие методов биотехнологии открыло возможности для сохранения вегетативно размножаемых растений в контролируемых условиях среды – в *in vitro* и криоколлекциях. В генетических банках это позволило сохранять эколого-географическое разнообразие селекционных сортов и видовобразцов на ограниченном пространстве, проводить микроразмножение и оздоровление генотипов. В то же время *in vitro* и особенно криотехнологии используются в основном в крупных генетических банках, однако применяются для ограниченного числа культивируемых видов. Основными причинами этого являются сложность и высокая стоимость технологического процесса при формировании и поддержании таких коллекций, а также необходимость оптимизации методов для разных культур и генотипов при их введении в *in vitro* и далее – в криоколлекцию. Для ягодных культур умеренного климата численность образцов в коллекциях *in vitro* и созданных на их основе криоколлекциях несопоставимо мала в сравнении с числом образцов в полевых генбанках. В условиях *in vitro* и крио сохраняются наиболее ценные генотипы национальных коллекций, к которым относят образцы стержневых коллекций, мандатные образцы, источники и доноры хозяйственно полезных признаков.

Род *Rubus* L. (Rosaceae Adans.) включает 16 подродов и 750 видов, наибольшее число которых сосредоточено в трех подродах – *Idaeobatus* (малины) – 117, *Rubus* (= *Eubatus* Focke) (ежевики) – 132, и *Malachobatus* – 115. Виды двух первых подродов имеют помологическое значение и широко вовлекаются в современную селекцию. Приоритетными образцами при введении в коллекцию *in vitro* представителей рода *Rubus* в генбанке ВИР являются отечественные сорта малины, которые в основном не представлены в зарубежных генбанках, в том числе образцы сортов российской селекции, от которых был взят растительный материал для создания номенклатурных стандартов, а также источники и доноры хозяйственно ценных признаков и образцы дикорастущих видов рода, собранных на территории России.

In vitro коллекция малины и ежевики, сохраняемая в ВИР, включает 160 образцов. В их числе 98 образцов сортов малины, из которых 79 отечественной селекции, 24 образца сортов ежевики, 18 образцов, относящихся к пяти видам малины и 20 образцов, относящихся к 16 видам ежевики. Образцы сохраняются в активной коллекции при температуре 20–23 °С, освещенности 5-6 клк, фотопериоде 16 часов, их жизнеспособность поддерживается периодическим черенкованием с интервалом 3-4 месяца и в коллекции среднесрочного хранения при температуре 4°С, пониженной освещенности (~500 лк) и фотопериоде 8 часов.

Основная часть *in vitro* коллекции малины состоит из селекционных сортов, введенных в культуру *in vitro* из полевой коллекции Павловской опытной станции ВИР в 2000–2006 гг., в которой было сосредоточено широкое эколого-географическое

разнообразием сортов, созданных на протяжении более чем 100 лет. В коллекцию *in vitro* были введены клоны от индивидуальных растений сортов, генотипированных с SSR-маркерами (Lamoureux, 2011). Начиная с 2020 г. в коллекцию *in vitro* вводятся образцы сортов малины, генетически идентичные номенклатурным стандартам; растительный материал, переданный в ВИР авторами/соавторами сортов из четырех селекционных центров, использовался для гербаризации и создания 23 номенклатурных стандартов и для введения образца в культуру *in vitro*. Из дикорастущих видов малины в коллекции сохраняется 18 образцов, относящихся к пяти видам малины, среди которых представители 14 экотипов малины обыкновенной *Rubus idaeus* L., собранных сотрудниками ВИР и Ботанического института им. В.Л. Комарова на границе ареала в Мурманской области и включенных в Гербарий сосудистых растений Ботанического института им. В.Л. Комарова (LE). На среднесрочном хранении образцы малины сохраняются в беспересадочной культуре от четырех до шести месяцев в зависимости от генотипа.

Образцы сортов ежевики были получены в культуре *in vitro* из американского клонового генетического банка (NCGR) в 1997–2000 гг. Дикорастущие виды ежевики представлены 20 образцами, относящимися к 16 видам. Эти образцы были введены в культуру *in vitro* в качестве дублетов из полевой коллекции Майкопской опытной станции ВИР, в которой поддерживаются дикорастущие образцы разных видов ежевики, собранные, начиная с 1926 г., на территории Кавказа. Образцы ежевики отличаются высокой жизнеспособностью в условиях культуры *in vitro* – в активной коллекции они могут сохраняться без пересадок в течение полугода, а на среднесрочном хранении – до года и более.

In vitro коллекция активно растущих растений малины и ежевики используется для микроклонального размножения, необходимого в исследовательских работах, а также для криоконсервации образцов и выведению их в условия *ex vitro* для передачи в другие подразделения ВИР или другие учреждения. Экспериментальные работы, проведенные с привлечением образцов этих культур, включали изучение биохимических показателей при среднесрочном хранении образцов малины и ежевики (Саматова и др., 2008), оздоровление образцов сортов малины от вируса кустистой карликовости малины (Антонова и др., 2015), а также разработку модифицированных протоколов для *in vitro* и криосохранения коллекций образцов малины и ежевики (Методического указания, Дунаева и др., 2017).

Для закладки на длительное хранение в криобанк ВИР используются апексы размноженных в культуре *in vitro* образцов малины. Криоконсервация проводится на основе оптимизированного протокола дроплет-витрификации – DV-biotech (Ukhatova et al., 2017; Дунаева и др., 2017). В настоящее время в криобанк ВИР заложено 19 образцов сортов малины (570 апексов *in vitro* растений), относящихся к раннему периоду селекции, а также зарегистрированных как номенклатурные стандарты.

In vitro коллекция малины и ежевики служит хорошим резервом для пополнения полевой коллекции ВИР и восстановления утраченных в ней образцов. 72 образца (154 растения) малины и 10 образцов (30 растений) ежевики были переданы в виде *ex vitro* растений в полевые коллекции филиалов ВИР (Майкопская ОС, Пушкинские и Павловские лаборатории ВИР, Полярная ОС). У переданных в полевую коллекцию образцов изучаются морфологические признаки и их соответствие описаниям сортов. Сопоставление морфологических признаков у образцов 10 сортов малины, выведенных в полевую коллекцию из культуры *in vitro* после 13–20 лет поддержания в пробирочной культуре, показало их соответствие описаниям в Помологии и соответствие признакам гербарных экземпляров тех же сортов.

Можно заключить, что стратегия работы с коллекцией образцов малины и ежевики, сохраняемой в контролируемых условиях среды, отражает общее направление деятельности с генресурсами в ВИР, которое включает пополнение, сохранение и изучение коллекций.

СОХРАНЕНИЕ КОЛЛЕКЦИОННОГО МАТЕРИАЛА *BETA VULGARIS L. IN VITRO*

Е. О. Колесникова, Р. В. Бердников

Селекционно-генетический центр ООО «СоюзСемСвекла», Воронежская область, Россия,
kolesnikovaeo@souzssemsvekla.ru

IN VITRO PRESERVATION OF *BETA VULGARIS L.* COLLECTION MATERIAL

E. O. Kolesnikova, R. V. Berdnikov

Breeding and Genetic Center SouzSemSvekla, Ltd., Voronezh Province, Russia,
kolesnikovaeo@souzssemsvekla.ru

Beta vulgaris L. является основным сырьем в России для получения сахара, что обуславливает экономическую значимость данной культуры, а значит, и необходимость производства новых линий и гибридов. Важным аспектом является сохранение генетической базы уже созданных форм, представляющих ценность для селекционной работы. В коллекции *in situ* селекционно-генетического центра ООО «СоюзСемСвекла» находится более 800 линий *B. vulgaris*, имеющих различные генотипы с хозяйственно полезными признаками. Вместе с тем как для сохранения генофонда сахарной свеклы, так и для его расширения и изучения успешно используются биотехнологии, включающие микрклональное размножение, другие технологии *in vitro*, методы цитологии и молекулярного маркирования. Использование биотехнологий – важная дополнительная возможность для исследования и поддержания коллекции сахарной свеклы *in vitro*, основной задачей которой является дополнение существующих традиционных методов сохранения биоразнообразия современными биотехнологическими инструментами, обеспечивающими возможность управления генетическими ресурсами.

Длительное сохранение *B. vulgaris in vitro* – сложный процесс, которому предшествовали разработка совокупности методов, позволяющих с высокой эффективностью проводить введение эксплантов *in vitro*, микрклональное размножение разных селекционных форм, культивирование без пересадок в течение длительного времени, оценку ploидности и генотипа. Так, для получения в условиях культуры тканей перспективных линий были разработаны методы микрклонального размножения и депонирования сахарной свеклы *in vitro*. При этом используются апикальные меристемы полевых растений. Стерилизация осуществляется по разработанной и запатентованной методике (патент 2 796 463(13) С1). Из тканей введенного экспланта получают регенеранты, а со временем нормально развитые микрклоны, способные к росту и дальнейшему культивированию. После размножения до необходимого количества часть растений ценных линий переводится на депонирование. Для этого применяются питательные среды по прописи MS, дополненные витаминами, сахарозой, агаром. Отработанные параметры (температура культивирования, световой режим, состав питательной среды), направленные на замедление роста, позволяют беспересадочно культивировать микрклоны сахарной свеклы более 24 недель при сохранении жизнеспособными в среднем 83 % образцов. Некротические повреждения при этом составляют не более 50 % и не приводят к гибели растений. Общее состояние микрклонов оценивается не менее чем на 3,5 балла. Отработаны условия для восстановления растений сахарной свеклы после длительного периода культивирования. При этом в течение 14 дней у микрклонов наблюдается увеличение регенерационного потенциала, а через 20 дней после пересадки – развитие дополнительных побегов. Восстановившиеся растения пригодны для микрочеренкования с последующим новым циклом хранения. В ходе селекционно-биотехнологического процесса осуществляется строгий контроль растений по фенотипическим и генетическим признакам, которые определяют качество будущих гибридов. Для этого, в частности, применяются разработанные системы маркирования, позволяющие выявить перспективность материала,

а также используется анализ ploидности по адаптированным протоколам. Такие исследования проводятся как при отборе и введении растений *B. vulgaris in vitro*, так и в процессе культивирования для выявления возможной изменчивости и обеспечения генетической стабильности коллекционных образцов. На сегодняшний день случаи аномального развития, изменчивости, отклонения по ploидности не наблюдались.

Таким образом, нами продуктивно применяются биотехнологические подходы, что позволяет сохранять и расширять дублирующую коллекцию сахарной свеклы *in vitro*, которая включает около четверти от количества линий основного генбанка, при использовании методов молекулярной биологии и цитологии в целях контроля качества растительного материала.

РАЗВИТИЕ РАСТЕНИЙ-РЕГЕНЕРАНТОВ ТЕХНИЧЕСКИХ СОРТОВ ВИНОГРАДА НА ПИТАТЕЛЬНЫХ СРЕДАХ С РАЗЛИЧНОЙ КОНЦЕНТРАЦИЕЙ 6-БЕНЗИЛАДЕНИНА

Т. А. Красинская, А. В. Кирченко

Институт плодородства, Самохваловичи, Беларусь, tatsiana.krasinskaya@gmail.com

DEVELOPMENT OF INDUSTRIAL GRAPE CULTIVAR REGENERANTS ON NUTRIENT MEDIA WITH DIFFERENT 6-BENZYLADENINE CONCENTRATIONS

T. A. Krasinskaya, A. V. Kirchenko

Institute for Fruit Growing, Samokhvalovichi, Belarus, tatsiana.krasinskaya@gmail.com

Коллекции плодовых, ягодных, орехоплодных культур и винограда Республиканского научно-производственного дочернего унитарного предприятия «Институт плодородства» Национальной академии наук Беларуси в 2024 году насчитывает 5579 образцов, из которых 530 сортообразцов принадлежит винограду. Данные коллекции относятся к числу крупнейших в Европе и включают в себя самый северный в Европе фонд ореха грецкого и винограда.

В отделе биотехнологии Института плодородства заложена дублетная коллекция в состоянии активного роста, сохраняющаяся в условиях *in vitro* при температуре +23...+25 °С, которая ежегодно пополняется. На 1 января 2024 г. коллекция включала в себя 52 сортообразца, каждый – по 10 растений (*Pyrus* L. – 5 образцов, *Prunus* L. – 5, *Vitis* L. – 3 (Илья, Marquette, Regent), *Fragaria* L. – 10, *Lonicera* L. – 5, *Rubus idaeus* L. – 8, *Rubus caesius* L. – 3, *Amelanchier* Medik. – 4, *Chaenomeles* Lindl. – 2, *Acca* O. Berg – 1, *Aronia* Mich. – 2, *Malus* Mill. – 2 и *Corylus* L. – 2). Коллекция *in vitro* ежегодно пополняется и представлена образцами различного эколого-географического происхождения (18 образцов в данной коллекции являются сортами белорусской селекции). Ведутся работы по созданию коллекции *in vitro* в условиях ограниченного роста при температуре +4...+8 °С.

Для пополнения, поддержания коллекции в состоянии активного роста, а также для активного ее использования в целях питомниководства, селекционных работ необходима разработка оптимальных условий культивирования растений-регенерантов различных генотипов винограда.

Целью исследований стало определение эффективных концентраций 6-бензиладенина в питательных средах на этапе микроразмножения, способствующих получению максимальных значений коэффициента размножения у технических сортов винограда.

Объектами исследований были перспективные технические сорта винограда Solaris, Marquette и Chardonnay, свободные от специфических вирусов винограда (вирус короткоузлия винограда (*GFLV*), вирус скручивания листьев винограда (*GLRaV-1*, *GLRaV-2*, *GLRaV-3*), вирус А винограда (*GVA*), вирус пятнистости винограда (*GfKv*), карантинные вирусы винограда: вирус кольцевой пятнистости табака (*TRSV*), вирус кольцевой пятнистости томата (*ToRSV*), вирус розеточной мозаики яблони (*PRMV*).

На этапе микроразмножения *in vitro* использовали модифицированную питательную среду Мурасиге – Скуга, содержащую различные концентрации 6-бензиладенина (6-БА) (производитель Acros Organics): 0,5; 0,7; 0,9; 1,1 мг/л. Гормоны и биологически активные вещества, в соответствии с принятой схемой, добавляли до автоклавирования.

Были изучены следующие показатели процесса микроразмножения: коэффициент размножения (среднее количество растений-регенерантов на конгломерат, образованных при геммогенезе); средняя длина стебля растений-регенерантов, см; доля растений-

регенерантов с каллусом у основания, %; доля растений-регенерантов с корнями, %; доля витрифицированных растений-регенерантов, %.

Длительность культивирования составила 6 недель. Исследования проводили на 4 пассаже.

Культивирование растений-регенерантов проводили в лабораторных условиях: температура +23...+24° С, освещение (лампы Phillips ЛД-54, 36 W) 2,5–3,0 тыс. люкс, длительность светового дня 16 ч.

Статистическую обработку проводили в программе Statistica 10.0, используя ANOVA двухфакторный анализ, критерий Дункана для сравнения средних величин при $P = 0,95$.

В результате исследований установлено, что максимальное количество растений-регенерантов отмечалось при использовании 6-БА в концентрации 0,9 и 1,1 мг/л (коэффициент размножения составил 2,8 и 2,9 соответственно). Подобная тенденция отмечалась при ростовых процессах стебля: средняя длина стебля растений-регенерантов на средах с 0,9 и 1,1 мг/л составила 1,4 и 1,3 см соответственно. Как неблагоприятное явление в культуре *in vitro* отмечалось каллусообразование у основания растений-регенерантов.

Визуального неблагоприятного влияния на рост и развитие отмечено не было. Доля растений с каллусом варьировала от 23,3 до 34,6 % и не зависела от концентрации 6-БА. Корнеобразование отмечалось у растений, культивирование которых проводили на средах, содержащих невысокие концентрации 6-БА 0,5 и 0,7 мг/л: 27,1 и 11,4 % соответственно. При повышении концентрации 6-БА до 0,9–1,1 мг/л активность ризогенеза снижалась до 2,2 %.

На ряде растений-регенерантов определенных генотипов наблюдалась витрификация как следствие использования высоких концентраций цитокининов. При перенесении растений в среды с пониженным содержанием цитокининов растения восстанавливались и приобретали нормальный вид. Доля витрифицированных растений-регенерантов была невысокой и варьировала от 1,0 до 6,6 %, влияние генотипа достоверно отмечено не было.

Максимальные показатели развития в культуре *in vitro* отмечены у сорта Marquette: коэффициент размножения составил 3,9, средняя длина стебля – 1,8 см. Кроме того, у основания стебля формировался каллус у 78,7 % растений-регенерантов, что в 12,3 и в 29,1 раз выше по сравнению с сортами Chardonnay и Solaris соответственно.

Статистическая обработка данных позволила отметить, что каждый изучаемый сорт по-разному развивался на средах в зависимости от концентрации 6-БА. Для каждого из изученных сортов определены концентрации 6-БА, способствующие получению максимальных значений коэффициента размножения: Solaris – 6-БА в концентрации 0,7 и 1,1 мг/л (коэффициент размножения 2,3 и 2,4); Marquette – 6-БА в концентрации 0,9 мг/л (4,4); Chardonnay – 6-БА в концентрации 0,9 и 1,1 мг/л (2,0 и 2,9).

ФОРМИРОВАНИЕ КОЛЛЕКЦИИ ПРЯНО-ВКУСОВЫХ И ЛЕКАРСТВЕННЫХ КУЛЬТУР ВИР

А. Б. Курина, О. А. Зверева

Федеральный исследовательский центр Всероссийский институт генетических ресурсов растений имени Н.И. Вавилова (ВИР), Санкт-Петербург, Россия, a.kurina@vir.nw.ru

FORMATION OF VIR'S COLLECTION OF AROMATIC AND MEDICINAL CROPS

A. B. Kurina, O. A. Zvereva

N.I. Vavilov All-Russian Institute of Plant Genetic Resources (VIR), St. Petersburg, Russia, a.kurina@vir.nw.ru

Пряно-вкусовые и лекарственные растения используются во всем мире для профилактики и лечения заболеваний человека. Лекарственные растения являются источником биологически активных соединений, которые действуют как лекарства в традиционной медицине; пряно-вкусовые растения являются богатым источником эфирных масел. Пряно-вкусовые и лекарственные растения также используются в косметике, функциональном питании и производстве натуральных красителей.

Коллекция пряно-ароматических и лекарственных растений ВИР начала формироваться в 1930-х годах, первыми культурами, поступившими в коллекцию, были щавель и спаржа. Активное пополнение коллекции и расширение ее видового разнообразия началось в 1960-е годы под руководством К. В. Ивановой и М. М. Гиренко. Пополнение коллекции шло в основном за счет экспедиционных сборов (как внутри СССР, так и за рубежом), выписки из ботанических садов мира, селекционных фирм и НИИ. Своеобразие создания этой коллекции заключалось в том, что при небогатом ассортименте культурных растений в большинстве зон СССР, в некоторых регионах, наоборот, наблюдалось большое разнообразие культурных растений (прежде всего это Закавказье, Кавказ, Средняя Азия, Прибалтика). Большую роль в создании и изучении коллекции сыграли такие ученые как Н. И. Вавилов, Е. В. Вульф, Е. А. Столетова, Т. В. Лизгунова, К. В. Иванова, М. М. Гиренко.

Мировая коллекция ВИР пряно-ароматических и лекарственных растений включает 4900 образцов, которые представлены 122 родами, 206 видами, подвидами, местными формами, сортами и гибридами, относящимися к 16 семействам. Коллекция включает ароматические культуры, редкие зеленные, редкие корнеплодные и группу многолетних овощных культур. Часть культур относится одновременно к двум или трем группам. В коллекцию входят и лекарственные растения.

Наиболее широко представлены семейства Lamiaceae (27,4 %) и Asteraceae (17 %). В семействе Lamiaceae насчитывается 23 рода и 60 видов, в семействе Asteraceae – 22 рода и 30 видов. Пополнение коллекции пряно-ароматических и лекарственных культур в последние годы идет довольно интенсивно. Экспедиции ВИР охватывают широкие области России, Средней и Центральной Азии, Закавказья. Эти регионы традиционно являются зонами выращивания многих малораспространенных зеленных и пряно-ароматических культур, таких как базилик, чабер, кресс-салат и эстрагон. За последние 5 лет состоялись крупные экспедиции на территории Кабардино-Балкарии, Дагестана, Сахалина и др. Особую ценность представляют староместные и селекционные сорта, а также образцы, собранные в ходе экспедиционных сборов. Коллекция пополнилась современными селекционными сортами двурядника, эруки, лаванды, базилика и цикория листового из таких стран как Россия, Германия, Нидерланды, Румыния и Вьетнам.

В коллекцию поступили новые формы цикория обыкновенного (*Cichorium intybus* L.) и эндивия (*C. endivia* L.), базилика (*Ocimum basilicum* L.), зверобоя (*Hypericum* sp.), лаванды (*Lavandula angustifolia* Mill., *L. multifida* L., *L. stoechas* L.), душицы (*Origanum*

vulgare L., *O. majorana* L.), мяты (*Mentha pulegium* L., *M. longifolia* (L.) Huds., *M. × piperita* L., *M. aquatic* L.), спаржи (*Asparagus* sp.), чабера (*Satureja hortensis* L.), щавеля (*Rumex* sp.), эруки (*Eruca sativa* L.), аконита (*Aconitum* L.), крапивы (*Urtica* L.), термопсиса (*Thermopsis* R. Br.) и др.

Изучение коллекции проводилось в период с 1930-х годов по настоящее время. Образцы различных культур исследовали, руководствуясь соответствующими методическими указаниями ВИР. Изучение проводилось на различных станциях и опорных пунктах ВИР, в разных географических точках и разных природно-климатических условиях. Изучались фенологические фазы развития культур, биологические особенности, морфологические признаки, биохимические показатели, физиология растений, методы селекции и семеноводства и технологические приемы работы с культурами. Также проводились совместные работы по изучению коллекции ВИР с различными научно-исследовательскими и учебными учреждениями. Изучались такие редкие для большинства регионов России культуры как: кориандр, кресс-салат, цикорный салат эндивий и интибус (салатный и выгночный – витлуф), спаржа, ревень, чабер, бамя, скорцонер, овсяный корень, мелисса, а также традиционные, такие как щавель и хрен.

В последние годы ведется активное изучение образцов коллекции по морфологическим, фенологическим и биохимическим признакам, а именно кресс-салата и эруки в различных условиях выращивания (открытый и защищенный грунт, светокультура), эколого-географическое изучение базилика и цикория корневого, биохимические исследования образцов мяты, артишока, нигеллы, базилика, хризантемы съедобной, малабарского шпината и зверобоя.

**СИСТЕМАТИЧЕСКИЙ СБОР, КОМПЛЕКСНОЕ ИЗУЧЕНИЕ, НАДЕЖНОЕ
СОХРАНЕНИЕ И УСТОЙЧИВОЕ ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ГЕНЕТИЧЕСКИХ
РЕСУРСОВ ЗЕРНОВЫХ КУЛЬТУР: 130-ЛЕТНИЙ ОПЫТ ВИР**

И. Г. Лоскутов

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

**SYSTEMATIC COLLECTION, COMPREHENSIVE EVALUATION, SAFETY
CONSERVATION, AND SUSTAINABLE UTILIZATION OF CEREAL CROP
GENETIC RESOURCES: 130 YEARS OF VIR'S EXPERIENCE**

I. G. Loskutov

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

Бюро по прикладной ботанике было организовано в 1894 г. при Научном комитете Министерства земледелия и государственных имуществ царской России. В 1900 г. с приходом в Бюро Р. Э. Регеля начинаются сборы и изучение российского разнообразия сортов ячменя, а с 1905 г., когда он становится заведующим Бюро, эта деятельность уже носит систематический характер. За период 1908–1913 гг. были обследованы многие регионы России и был проведен сбор растительного материала и комплексное изучение данных регионов. Р. Э. Регель, начиная сборы и изучение коллекционного материал, использовал географический принцип для изучения собранной им коллекции российского ячменя на полях своего имения сперва на Кавказе, а затем на других станциях Бюро. Р. Э. Регель был одним из инициаторов создания в России сельскохозяйственных опытных станций, специализирующихся на селекции растений (Loskutov, 1999).

В 1920 г. с приходом в Отдел прикладной ботаники Н. И. Вавилова все задачи этого учреждения были поставлены на более высокий уровень. Он организует знаменитые экспедиционные обследования на пяти континентах мира, значительно расширяет сеть опытных станций и опорных пунктов для изучения и размножения собранного материала, и готовит основу для их использования в селекционной практике. Все работы приобретают систематический характер по единообразным методическим подходам. Все сборы и изучение собранного материала подкреплены его теоретическими разработками, которые публикуются в монографиях, сборниках статей и советских и зарубежных журналах. Основная цель всех этих исследований во Всесоюзном институте растениеводства направлена на выведение и внедрение новых продуктивных сортов сельскохозяйственных культур, которые по данным Н. И. Вавилова занимали в СССР посевные площади свыше 2 млн га (Лоскутов, 2009).

В послевоенный период идеи Н. И. Вавилова, его теоретические концепции и деятельность ВИР в 1950-е, 1960-е и 1970-е годы сыграли важную роль в организации и развитии генетических банков Европы, а также в деятельности ФАО, IPGRI и других международных организаций. Впоследствии не только советские, но и многочисленные зарубежные экспедиции отправлялись по маршрутам, намеченным им для сбора исходного материала для селекции. Специалистами ВИР с 1946 по 1991 г. было проведено около 800 экспедиций в различные уголки СССР для сбора местного селекционного материала и образцов диких родичей культурных растений. Весь этот материал комплексно изучался и размножался в сети опытных станций ВИР.

Сотрудники ВИР приняли активное участие в создании Международных классификаторов по многим сельскохозяйственным культурам, которые были положены в основу создания Descriptor List по различным культурам под руководством IPGRI. Гарантированному сохранению мировой коллекции ВИР всегда уделялось большое

внимание и в 1976 г. на Кубанской опытной станции ВИР было построено хранилище семян с тремя этажами подземных хранилищ. В настоящее время институт располагает хранилищами с различными типами хранения: +4 °С, –10 °С, –20 °С и криогенное хранилище.

На сегодняшний день мировая коллекция ВИР насчитывает более 320 000 образцов культурных растений и их диких родичей, относящихся к более 2500 разновидностям, более 21 690 видам, 376 родам и 64 семействам. Коллекция гербария ВИР содержит более 250 000 гербарных листов, собранных в различных регионах России и континентах мира. В 2023 г. благодаря реализации программы обновления приборной базы в рамках Национального проекта «Наука и университеты» в ВИР установлены новые современные хранилища семян с температурным режимом –18 °С емкостью более 300 000 единиц хранения (Лоскутов, [2025]).

Процесс контролируемого сохранения коллекционных образцов в мире насчитывает непродолжительную историю, которая составляет всего не более 70 лет. В настоящее время многие исследователи задаются вопросом: **Изменится ли генетически образец зародышевой плазмы растения, хранящийся в генном банке с течением времени?** (Fu, 2024).

В мире существует 2000 генных банков, которые сохраняют более 7,4 миллиона образцов зародышевой плазмы растений более чем 16 500 видов, и около двух миллионов (27 %) образцов считаются уникальными.

Работа генных банков на национальном и международном уровне связана с адекватностью финансирования и другими внешними факторами, которые часто влияют на сохранность конкретных образцов коллекции. В настоящее время были определены 10 наиболее критических уязвимостей генбанков зародышевой плазмы растений по всему миру. К ним относятся: 1. Недофинансирование генных банков; 2. Отставание в сроках размножении и потеря генетической целостности образца; 3. Ослабление политической поддержки генных банков; 4. Отсутствие адекватных методов описания и изучения (фенотипирование и генотипирование) образцов; 5. Обновление информационных систем генбанка; 6. Неполный охват разнообразия и недостаточный объем генного банка; 7. Ухудшение поддержки генного банка со стороны заинтересованных сторон; 8. Несбалансированная поддержка исследований; 9. Отсутствие профессиональной подготовки в области сохранения зародышевой плазмы; 10. Крах генного банка – это реальность (Fu, 2017).

Кроме того, на образец коллекции при длительном хранении воздействуют внутренние генетические (эволюционные) факторы, которые необходимо учитывать в работе каждого генного банка. Образец, попадая в генный банк, должен быть размножен, уже здесь размноженные семена могут иметь измененные генетические профили по сравнению с исходным образцом (оригиналом), так как на него могут воздействовать четыре эволюционных фактора: отбор, мутация, генетический дрейф и поток генов, действующих в различных средах генного банка. Уникальной особенностью сохраняемого образца является среда, в которой он сохраняется: холодная среда для длительного хранения и полевая или естественная среда для размножения образцов. Эти среды могут отличаться от тех, что существуют для естественной популяции растений, но четыре эволюционных фактора все еще могут воздействовать на образец с разной силой и направленностью на разных этапах сохранения (Fu, 2024).

ВИР гарантированно сохраняет материал коллекции на основе морфологических (внутривидовых систематических) признаков, которые были базовым инструментом в работе отделов генетических ресурсов растений. В тоже время учет воздействия эволюционных (генетических) факторов в операциях генбанка улучшит разработку эффективных рабочих процедур и принесет пользу для долгосрочного сохранения образцов коллекции. В настоящее время проблемы искусственного отбора, точечных мутаций, генетического дрейфа и потока генов у различных видов растений, вероятно, должны стать

центральными при эффективном сохранении уникальных образцов мировой коллекции ВИР.

Мировая коллекция ВИР, которая начиналась как Российская коллекция культурных растений, выросла в одну из самых систематически собранных, комплексно изученных и представительных коллекций по генетическим ресурсам растений в мире. В ВИР работы, связанные с долговременным хранением образцов коллекции разных культур, проводятся на протяжении длительного времени. В настоящее время деятельность ВИР как Национального центра генетических ресурсов растений и развитие законодательной базы в России по этому вопросу позволяет на новом витке выстроить эффективное решение новых вызовов по систематическому сбору, комплексному изучению, надежному сохранению и устойчивому использованию генетических ресурсов растений в Российской Федерации.

Список литературы

Лоскутов И. Г. История мировой коллекции генетических ресурсов растений в России. Санкт-Петербург: ВИР, 2009. 293 с.

Лоскутов И. Г. История мировой коллекции генетических ресурсов растений в России. 2-е изд., доп. и перераб. Санкт-Петербург: ВИР, [2025]. [в печати]

Fu Y. B. The Vulnerability of Plant Genetic Resources Conserved *Ex Situ* // Crop Science. 2017. Vol. 57, No. 5. P. 2314-2328. DOI: 10.2135/cropsci2017.01.0014

Fu Y.-B. Will a plant germplasm accession conserved in a genebank change genetically over time? // Frontiers in Plant Science. 2024. Vol. 15. Article: 1437541. DOI: 10.3389/fpls.2024.1437541

Loskutov I. G. Vavilov and his Institute. A history of the world collection of plant resources in Russia., Rome, Italy: IPGRI, 1999. 190 p.

СОХРАНЕНИЕ ГЕНОФОНДА ВИНОГРАДА В СИСТЕМЕ *IN VITRO*: ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ

И. А. Павлова

Всероссийский национальный научно-исследовательский институт виноградарства и виноделия «Магарач» Российской академии наук, Ялта, Республика Крым, Россия,
pavlovairina1965@gmail.com

PRESERVATION OF THE GRAPE GENE POOL IN THE *IN VITRO* SYSTEM: TECHNOLOGICAL FEATURES

I. A. Pavlova

All-Russian National Research Institute of Viticulture and Winemaking “Magarach” of the Russian Academy of Sciences, Yalta, Republic of Crimea, Russia, pavlovairina1965@gmail.com

Создание генетических коллекций *in vitro* может быть важным дополнением к ампелографическим коллекциям, эффективным методом сохранения генофонда винограда *ex situ*. Образцы коллекции являются источником оздоровленного посадочного материала винограда высоких биологических категорий. Депонирование позволяет существенно сократить площади, уменьшить затраты на трудовые и материальные расходы. В институте «Магарач» создана «Вегетирующая коллекция растений *in vitro* перспективных сортов, гибридов и клонов винограда». Коллекция уже насчитывает более 140 образцов и продолжает пополняться формами различного происхождения. Исследования направлены на создание таких условий культивирования растений винограда в коллекции, при которых ростовые процессы замедляются или останавливаются, что приводит к увеличению интервалов между пересадками.

В институте «Магарач» разработано несколько режимов для поддержания образцов коллекции в условиях замедленного роста и в состоянии покоя. Изменение параметров отдельных факторов, влияющих на морфогенез, привело к изменению условий культивирования растений винограда *in vitro*, позволило замедлить ростовые процессы и сократить количество пересадок в течение года. Наиболее перспективным для поддержания образцов является режим – сохранение растений в состоянии глубокого покоя.

Способ сохранения микрорастений винограда в условиях *in vitro*, включает культивирование растений на безгормональной среде в разных режимах и в разных физиологических состояниях, создание определенных условий для перевода растений в состояние глубокого покоя моделируется в климатической камере на основе изменения показателей двух факторов: фотопериода и температуры, что позволяет в дальнейшем успешно сохранять растения в условиях низких положительных температур (+2...+4 °С) в темноте без пересадок в течение одного года. Данный технологический режим, обозначенный как «Способ культивирования растений винограда в коллекции *in vitro*», имеет патент РФ. Показаны положительные результаты по сохранению жизнеспособности растений селекционных сортов винограда после данных условий культивирования.

Взяв за основу разработанный способ, провели технологические приемы, позволившие увеличить период беспересадочного культивирования. Произвели изменение питательной среды, увеличив концентрацию сахарозы в шесть раз. Сахароза в больших концентрациях обладает осмотическим эффектом и повышает устойчивость к холоду, способствует замедлению ростовых процессов, одревеснению побега. Предельная концентрация сахарозы в среде, при которой растения винограда способны сохранять гармоничный рост составляет 60 г/л. Климатическая камера для перехода растений в состояние глубокого покоя не была использована. Для поддержания образцов коллекции может быть использован комбинированный режим, состоящий из двух этапов

культивирования. Первый этап: культивирование в режиме замедленного роста: свет интенсивностью 1000 лк при 16-часовом фотопериоде и температуре +25...+27 °С – продолжительность периода до полного одревеснения побега; второй этап: в состоянии глубокого покоя при низких положительных температурах +2...+4 °С в темноте. Продолжительность беспересадочного сохранения в комбинированном режиме зависит от генетической специфичности сорта, физиологического состояния растения и условий культивирования.

Для следующего комбинированного режима поддержания образцов коллекции также был использован «Способ культивирования растений винограда в коллекции *in vitro*». Первый этап – подготовка образцов коллекции, заключающийся в культивировании эксплантов побегов до образования полноценных растений *in vitro* в условиях: свет интенсивностью 1500–2000 лк при 16-часовом фотопериоде и температуре +25...+27 °С, затем – переход из состояния активного в состояние глубокого покоя в моделируемых условиях климатической камеры. Третий этап – сохранение в состоянии глубокого покоя в темноте при температуре +4...+6 °С. Заключительный этап – активация ростовых процессов при рассеянном свете, 16-часовом фотопериоде и температуре +25...+27 °С. По сравнению с разработанным способом у данного режима немного увеличена температура культивирования в холодильной камере и добавлен четвертый этап, что позволило увеличить период без пересадки с 12 до более 16 месяцев.

Вследствие генетической специфичности морфогенеза у винограда режимы поддержания сортообразцов не являются универсальными и нуждаются в коррекции. Тем не менее культивирование даже определенной доли образцов в условиях редких пересадок значительно облегчает поддержание коллекционного материала в системе *in vitro*.

ВОЗДЕЛЫВАНИЕ РАПСА ЯРОВОГО В УСЛОВИЯХ ВОЛОГОДСКОЙ ОБЛАСТИ

Е. Н. Прядильщикова, В. В. Вахрушева

Вологодский научный центр Российской академии наук (ВолНИЦ РАН), Вологда, Россия,
lenka2305@mail.ru

CULTIVATION OF SPRING RAPESEED IN VOLOGDA PROVINCE

E. N. Pryadilshchikova, V. V. Vakhrusheva

Vologda Research Center of the Russian Academy of Sciences (VolRC RAS), Vologda, Russia,
lenka2305@mail.ru

Проблема создания надежной кормовой базы и обеспечения населения продовольствием – одна из первоочередных нерешенных проблем, стоящих перед агропромышленным комплексом. Особое значение в решении этой проблемы имеет увеличение производства масличных культур – важнейшего источника кормового белка. Одним из путей решения белковой проблемы является выращивание для использования в качестве корма таких культур, как рапс, люпин, соя и других. Среди них особый интерес вызывает рапс яровой, как ценная кормовая масличная культура. В кормопроизводстве используется зеленая масса рапса и приготовленный из нее силос; семена и отходы их переработки (жмых и шрот) используются как высокобелковые и энергетические добавки. Яровой рапс относится к группе культур, характеризующихся высокой потребностью в питательных веществах. Поэтому для выращивания этой культуры наиболее пригодны дерново-подзолистые легкосуглинистые почвы. Однако сбалансированное внесение органических и минеральных удобрений очень важно для раскрытия потенциала рапса и оптимизации максимального урожая и качества продукции. В настоящее время для получения высоких урожаев в сельскохозяйственном производстве значимым фактором выращивания в различных климатических условиях является подбор сортов и гибридов, в основном продуктивных, высококачественных и адаптированных к данной местности.

Полевой опыт по выращиванию ярового рапса проводился в Вологодской области (д. Дитятьево) в 2022–2023 гг., он включал девять вариантов, повторность трехкратная, площадью 1 делянки 10 м². Почва участка дерново-подзолистая, среднесуглинистая, средней окультуренности с рН – 5,2, с содержанием подвижного фосфора (Р₂О₅) – 336 мг/кг, обменного калия (К₂О) – 119 мг/кг, гумуса – 2,3 %. Изучались три гибрида ярового рапса: Джой КВС, Джером и Джаз КВС (на различных фонах с минеральными удобрениями N₉₀P₆₀K₆₀, с микробиологическим препаратом Бисолби-Т и смешанный фон с минеральными удобрениями N₉₀P₆₀K₆₀ + микробиологический препарат Бисолби-Т). Бисолби (Т) – препарат, основу которого составляет грамположительная спорообразующая бактерия *Bacillus subtilis* штамм Ч-13), он оказывает многостороннее воздействие на растительный организм благодаря широкому спектру продуцируемых метаболитов различного физиологического действия. В климатических условиях 2022–2023 гг. все гибриды ярового рапса обеспечили высокую урожайность зеленой массы. На кормовые цели за два года более пригодны: гибриды ярового рапса (Джой КВС, Джаз КВС и Джером) на смешанном фоне (N₉₀P₆₀K₆₀ + Бисолби-Т), обеспечивающие сбор зеленой массы 17,9–19,8 т/га, сухого вещества – 3,42–4,13 т/га. Наибольшая урожайность зеленой массы (19,7 и 19,8 т/га) была у гибрида Джой КВС на фоне применения минерального удобрения (N₉₀P₆₀K₆₀) и микробиологического препарата за 2 года исследований. За 2022–2023 гг. гибриды обеспечили получение с одного гектара: Джой КВС 2,58–3,57 тыс. кормовых единиц, 0,27–0,44 т переваримого протеина и 29,7–41,6 ГДж обменной энергии; Джером 2,45–3,24 тыс. кормовых единиц, 0,24–0,39 т переваримого протеина и 27,8–38,2 ГДж обменной энергии; Джаз КВС 2,45–3,77 тыс. кормовых единиц, 0,23–0,40 т переваримого протеина и 28,8–44,1 ГДж обменной энергии.

**ИЗУЧЕНИЕ ПРИРОДНЫХ ПОПУЛЯЦИЙ И СОХРАНЕНИЕ *EX SITU*
БИОРАЗНООБРАЗИЯ РЕДКИХ ИСЧЕЗАЮЩИХ РАСТЕНИЙ СЕМЕЙСТВА
*ROSACEAE***

**Н. В. Ромаданова¹, А. С. Земцова¹, А. Б. Толеген^{1,2}, Н. А. Артимович¹, Н. А. Алтаева¹,
С. В. Кушнаренко¹**

¹ Институт биологии и биотехнологии растений, Алматы, Казахстан,
n.romadanova@ipbb.kz

² Казахский национальный университет имени Аль-Фараби, Алматы, Казахстан

**STUDY OF NATURAL POPULATIONS AND *EX SITU* PRESERVATION OF THE
BIODIVERSITY OF RARE ENDANGERED *ROSACEAE* PLANTS**

**N. V. Romadanova¹, A. S. Zemtsova¹, A. B. Tolegen^{1,2}, N. A. Artimovich¹, N. A. Altayeva¹,
S. V. Kushnarenko¹**

¹ Institute of Plant Biology and Biotechnology, Almaty, Kazakhstan, n.romadanova@ipbb.kz

² Al-Farabi Kazakh National University, Almaty, Kazakhstan

В свете стремительной утраты биоразнообразия и надвигающейся угрозы исчезновения множества видов растений забота о сохранении и защите редких и уязвимых представителей флоры привлекает все большее внимание ученых и исследователей. Семейство Rosaceae – одно из крупнейших семейств цветковых растений, играющее ключевую роль в поддержании биоразнообразия и функционировании экосистем. Однако в связи с различными антропогенными и природными воздействиями многие виды этого семейства находятся под угрозой исчезновения. Целью данной работы являлось изучение состояния популяций растений сем. Rosaceae, занесенных в Красную книгу Казахстана и разработка биотехнологии сохранения в культуре *in vitro* и криогенном банке.

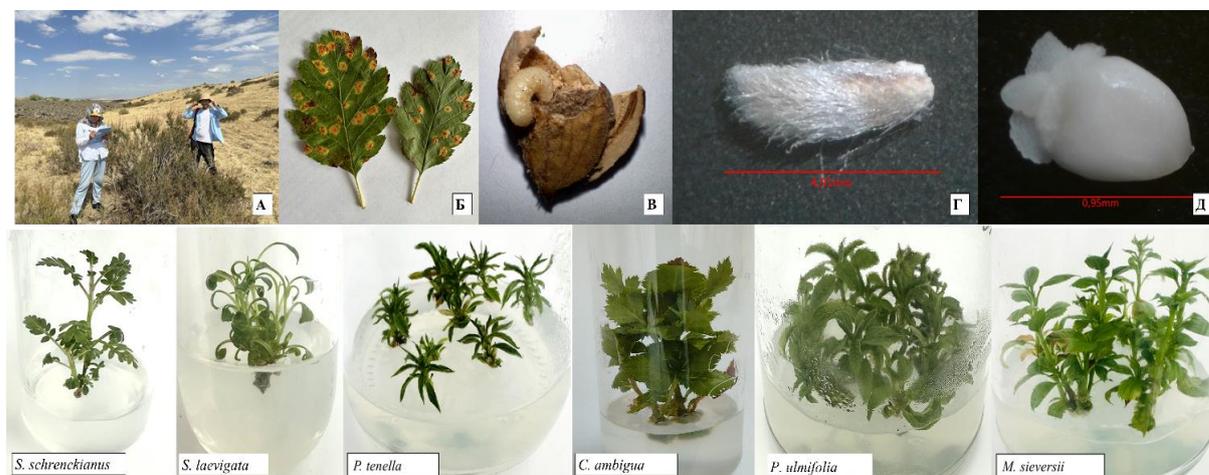
Для сбора растительного материала краснокнижных розоцветных были проведены экспедиции в 5 регионах Казахстана. В результате экспедиций за 2023–2024 гг. было собрано 236 образцов: *Cotoneaster karatavicus* Pojark. – 19, *Crataegus ambigua* С.А. Mey. ex А.К. Becker. – 40, *Malus niedzwetzkyana* Dieck ex Koehne – 3, *M. sieversii* (Ledeb.) M. Roem.) – 61, *Prunus tenella* Batsch – 21, *P. ulmifolia* Franch. – 15, *Sibiraea laevigata* (L.) Maxim. – 31, *Sorbus persica* Hedl. – 26, *Spiraeanthus schrenkianus* (Fisch. & С.А. Mey.) Maxim.) – 20.

Для оценки состояния популяции были описаны с использованием геоботанических методов и дескрипторов (35–49 показателей) (рисунок). В местах сбора образцов записывались GPS-координаты. Создан гербарный фонд.

Следует отметить, что основная масса популяций повреждена вредителями, преимущественно тлей (*C. ambigua*, *M. sieversii*, *P. tenella*, *S. laevigata*, *S. schrenkianus*). Во многих популяциях отмечены заболевания, такие как мучнистая роса (*M. sieversii* и *S. laevigata*), ржавчинные заболевания (*S. laevigata* и *S. persica*). Во всех популяциях выявлен некроз и слабое плодоношение, у *S. persica* плодоношение отсутствовало.

При введении в культуру *in vitro* семена или зародышевые оси предварительно стерилизовали в отбеливателе «Белизна» (1:1) в течение 5 минут, после чего: 1) семена стратифицировали в перлите при 4 °С (8 недель), освещенность 10 μmol*м⁻² *с⁻¹, 8 ч фотопериод (акклиматизация в холодных условиях (АХ); 2) семена стратифицировали (8 недель) в пластиковых контейнерах в условиях АХ; 3) семена проращивали в перлите при температуре +24 ± 1 °С, освещенность 40 μmol*м⁻² *с⁻¹, фотопериод 16 ч (условия светокультуральной комнаты (СК); 4) семена или зародышевые оси, проращивали в условиях СК на среде Кнопа: 1 г/л Са(NO₃)₂, 0,25 г/л MgSO₄*7H₂O, 0,25 г/л КН₂РО₄, 0,125 г/л КСl, 27,8 мг/л FeSO₄*7H₂O, 37,3 мг/л Na₂EDTA*2H₂O, 1,75 г/л джелрайта, 4 г/л агара, рН 5,7; 5) семена или зародышевые оси, проращивали в условиях СК на среде Мурасиге и Скуга (МС) (30 г/л сахарозы, 1 мг/л 6-бензиламинопурина, 0,1 мг/л

индолилмасляной кислоты, 1,75 г/л джелрайта, 4 г/л агара, рН 5,7). Следует отметить, что у всех образцов стратификация при +4°C увеличивала процент всхожести семян. Проращивание семян *in vitro* на среде МС давало стабильно низкие результаты всхожести во всех вариантах.



А – сбор и описание растительного материала; Б – листья *Sorbus persica*, пораженные ржавчинными заболеваниями; В – семена *Prunus tenella*, поврежденные насекомыми, Г – семена *Spiraeanthus schrenckianus*, Д – зародышевая ось *Malus sieversii*

Рисунок. Изучение природных популяций и сохранение в культуре *in vitro* редких исчезающих растений семейства Rosaceae

Полученные из семян проросшие в перлите побеги (1–2 см) стерилизовали в 0,1 % $HgCl_2$ в течение 3–5 мин и помещали в пробирки со средой МС с различными концентрациями фитогормонов. В результате процент инициации *C. ambigua* составил – 46,7 %, *M. sieversii* – 60 %, *P. tenella* – 45 %, *P. ulmifolia* – 55 %, *S. laevigata* – 40 %, *S. schrenckianus* – 87,5 %.

В культуру *in vitro* вводили также побеги, полученные из зимующих почек, путем проращивания черенков в лабораторных условиях в период февраль – март, и побегов, проросших в природных условиях в период апрель – май. Побеги обрабатывали 0,1% $HgCl_2$ в течение 3–10 мин и помещали в пробирки со средой МС с различными концентрациями фитогормонов. Оба метода подходят для введения побегов в культуру *in vitro* в разное время года, достоверных отличий между вариантами не обнаружено ($57,4 \pm 26,9^a$ и $47,6 \pm 11,5^a$). На данный момент создана коллекция *in vitro* 5 форм *C. ambigua*; 8 форм *M. sieversii*; 2 форм *P. tenella*; 5 форм *P. ulmifolia*; 3 форм *S. laevigata*; 6 форм *S. schrenckianus* (см. рисунок).

Создание криогенного банка семян. Семена по 10–50 шт. без предварительной обработки помещали в пакеты из ламинированной алюминиевой фольги и замораживали при $-20^\circ C$ или семена помещали в криопробирки и сохраняли при $-196^\circ C$. В результате при $-20^\circ C$ было помещено 46 образцов семян: *C. ambigua* (19), *M. sieversii* (5), *S. laevigata* (2), *S. schrenckianus* (20). В криогенный банк при $-196^\circ C$ помещено 246 образцов: *C. ambigua* (120), *M. sieversii* (57), *S. laevigata* (9), *S. schrenckianus* (60).

Создание криогенного банка ДНК. Геномную ДНК выделяли из молодых листьев стандартными методами. Проверку качества и количества выделенной геномной ДНК проводили электрофорезом в 1,2 % агарозном геле. В результате было выделено из листьев 213 образцов тотальная ДНК (6 видов растений семейства Розоцветных), ДНК поместили в криогенный банк при ($-196^\circ C$) для длительного хранения.

Для яблони разработан протокол перевода побегов *in vitro* в почвенный субстрат. Для этого побеги предварительно укореняли в *in vitro* условиях, после чего проводили адаптацию в условиях теплицы. Впоследствии планируется интродукция полученных саженцев в природные условия для восстановления деградирующих популяций.

СОХРАНЕНИЕ ГЕНЕТИЧЕСКИХ РЕСУРСОВ РАСТЕНИЙ *EX SITU* – НОВЫЙ ФУНКЦИОНАЛ В XXI ВЕКЕ

Ю. В. Ухатова

Федеральный исследовательский центр Всероссийский институт генетических ресурсов растений имени Н.И. Вавилова (ВИР), Санкт-Петербург, Россия, y.ukhatova@vir.nw.ru

EX SITU CONSERVATION OF PLANT GENETIC RESOURCES: A NEW FUNCTIONAL IN THE 21ST CENTURY

Yu. V. Ukhatova

N.I. Vavilov All-Russian Institute of Plant Genetic Resources (VIR), St. Petersburg, Russia, y.ukhatova@vir.nw.ru

Для надежного сохранения агробиоразнообразия как важнейшей составляющей мирового биоразнообразия растений применяют две основные стратегии: *ex situ* и *in situ*, каждая из которых имеет свои достоинства и недостатки, и только комплексное применение обеих позволит обеспечить безопасность и надежное длительное сохранение каждого генотипа. В части сохранения *ex situ* важное место занимает сохранение растений в культуре *in vitro* с использованием биотехнологических приемов.

В настоящее время взгляд на дублетные *in vitro* коллекции вегетативно размножаемых культур стал шире. Очевидно, что эти коллекции играют заметную роль в развитии не только науки, но и образования, а также производства, т.е. востребованы как научными и образовательными организациями, так и бизнесом.

Для науки *in vitro* коллекции прежде всего дают возможность проведения фундаментальных исследований, способствуют развитию методов генной инженерии и получения растений с заданными свойствами, а также позволяют проводить характеризацию образцов по уровню регенерации для создания регенерационных паспортов и рекомендации наиболее регенерационноспособных генотипов к включению в биотехнологические программы. Организации высшего и среднего образования с использованием ресурса растительного материала, сохраняемого в культуре *in vitro*, могут обучить студентов практическим навыкам работы с использованием биотехнологических приемов, что становится крепкой основой выполнения квалификационных работ разного уровня на актуальные темы. Бизнес прежде всего заинтересован в получении оздоровленного посадочного материала (саженцев, клубней) высших категорий качества и тиражировании растений, трудно размножаемых традиционными способами.

Перечисленные факты являются предпосылкой для мощного развития биотехнологий и массового внедрения биотехнологических лабораторий в традиционную работу с образцами растений, в том числе коллекционными.

В системе ВИР работает на данный момент уже несколько лабораторий биотехнологии – на Крымской опытно-селекционной станции, на Полярной станции, Дагестанской, Дальневосточной станциях – филиалах ВИР, ЦКП «Лаборатория искусственного выращивания и оздоровления генофонда растений». В работе используют методические рекомендации, разработанные сотрудниками отдела биотехнологии ВИР. Для развития современных направлений биотехнологии создаются лаборатории в нескольких филиалах: Майкопской, Волгоградской станциях. При поддержке Национального проекта «Наука и университеты» ведется закупка оборудования для создаваемых лабораторий биотехнологии в новых филиалах ВИР: Мурманской ГСХОС, Магаданском НИИСХ, Сахалинском НИИСХ, Камчатском НИИСХ.

Сотрудники ВИР являются квалифицированными специалистами в области биотехнологии. Они готовы оказать экспертное сопровождение при выполнении студенческих работ. Новым направлением становится и экспертно-консультационная

работа со школьниками из «Агрокубов», Био-Кванториумов и профильных агроклассов. Тезис «Биотехнология – наука XXI века» подтверждает свою актуальность.





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



Национальный центр
генетических ресурсов
растений



ПРЕЗИДЕНТСКАЯ
БИБЛИОТЕКА



МЕРОПРИЯТИЕ № 1. *EX SITU* И *IN SITU* СОХРАНЕНИЕ И МОБИЛИЗАЦИЯ ГЕНЕТИЧЕСКИХ РЕСУРСОВ. СТЕНДОВЫЕ ДОКЛАДЫ

EVENT №. 1. *EX SITU* AND *IN SITU* CONSERVATION AND MOBILIZATION OF GENETIC RESOURCES. POSTER PRESENTATIONS



РАЗВИТИЕ АЛЬТЕРНАРИОЗА (*ALTERNARIA* SPP.) НА КАПУСТНЫХ КУЛЬТУРАХ *BRASSICA OLERACEA* L. В СЕВЕРО-ЗАПАДНОМ РЕГИОНЕ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

А. М. Артемьева, О. А. Кривченко

Федеральный исследовательский центр Всероссийский институт генетических ресурсов растений имени Н.И. Вавилова (ВИР), Санкт-Петербург, Россия,
o.krivchenko87@yandex.ru

DEVELOPMENT OF DARK LEAF SPOT (*ALTERNARIA* SPP.) ON *BRASSICA OLERACEA* L. CROPS IN THE NORTHWEST REGION OF THE RUSSIAN FEDERATION

A. M. Artemyeva, O. A. Krivchenko

N.I. Vavilov All-Russian Institute of Plant Genetic Resources (VIR), St. Petersburg, Russia,
o.krivchenko87@yandex.ru

Одним из широко распространенных и вредоносных грибных заболеваний культур семейства капустные Brassicaceae Burnett в мире и РФ является альтернариоз (черная пятнистость), вызываемый различными видами рода *Alternaria*. Ряд публикаций свидетельствует о возрастании вредоносности заболевания в последние годы. Цель настоящей работы – изучение распространения и степени поражения альтернариозом различных культур экономически важнейшего вида капуста огородная *Brassica oleracea* L. в условиях Северо-Запада РФ, выявление ботанической приуроченности и источников устойчивости. Мониторинг поражения репрезентативной части мировой коллекции капусты ВИР проведен в 2010 г. (совместно с сотрудниками ВИЗР) и в 2023–2024 гг. в НПБ «Пушкинские и Павловские лаборатории ВИР» (Санкт-Петербург).

В 2010 г. распространенность альтернариоза на листьях розетки всех культур вида капуста огородная была высокой, составляя от 50 % до 100 %. Отмечена в целом по коллекции низкая интенсивность развития болезни: у сортов капусты белокочанной 0,38–1,75 балла, савойской капусты 0,40–1,43 балла, краснокочанной капусты – 0,21–0,84 балла, кольраби – 0,92–0,98 балла, листовой капусты – 0,35–1,19 балла, цветной капусты – 0,90–1,21 балла, брокколи – 0,4–0,5 балла.

Выделены образцы со степенью поражения листьев менее 0,5 балла, преимущественно среди образцов белокочанной капусты южных сортоотипов, в том числе позднеспелых, курчаволистных сортов листовой капусты и декоративных гибридов листовой и белокочанной капусты. Отмечена очень низкая степень поражения альтернариозом продуктивных органов – выявили слабое поражение кочанов у отдельных сортов белокочанной капусты.

Вегетационные сезоны 2023 и 2024 годов характеризовались высокой дневной температурой воздуха, а также характерной для Северо-Западного региона повышенной влажностью воздуха и наличием росы на листьях. Такие погодные показатели способствуют распространению заболевания. В 2023–2024 гг. особенности развития и распространения альтернариоза в целом сохранились, степень распространения составила 90–100 % при низкой интенсивности развития: капуста белокочанная – 0,00–1,87 балла, краснокочанная – 0–0,42 балла, кольраби – 0,00–1,0 балла, листовая – 0,00–0,91 балла, брюссельская – 0,15–0,93 балла, цветная – 0,50–1,20 балла, брокколи – 0,56–0,94 балла.

Таким образом, установлено, что в условиях Северо-Западного региона РФ за последние 15 лет заболевание культур капусты огородной альтернариозом характеризуется очень высокой частотой встречаемости и низкой интенсивностью развития.

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ГЕНЕТИЧЕСКОГО РАЗНООБРАЗИЯ В СЕЛЕКЦИИ НОВЫХ СОРТОВ ОВОЩНЫХ КУЛЬТУР

А. В. Гулин

Прикаспийский аграрный федеральный научный центр Российской академии наук (ПАФНЦ РАН), Всероссийский научно-исследовательский институт орошаемого овощеводства и бахчеводства – филиал ПАФНЦ РАН, Камызяк, Россия, vniiob@mail.ru

GENETIC DIVERSITY UTILIZATION IN THE BREEDING OF NEW VEGETABLE CROP CULTIVARS

A. V. Gulin

Caspian Agrarian Federal Research Center of the Russian Academy of Sciences (CAFRC RAS), All-Russian Research Institute of Irrigated Vegetable and Melon Growing – branch of the CAFRC RAS, Kamyzyak, Russia, vniiob@mail.ru

Генетическое разнообразие используемого селекционером селекционного материала является основой и залогом успешной селекционной работы. Всероссийским НИИ орошаемого овощеводства и бахчеводства (с 2018 года – филиал ФГБНУ «ПАФНЦ РАН») уже несколько десятков лет ведется научно-исследовательская работа по поиску, изучению, сохранению и использованию генетического разнообразия при подборе ген-доноров и ген-источников хозяйственно ценных признаков в селекции овощных культур.

За этот период институтом созданы и внесены в Государственный реестр селекционных достижений наряду с другими культурами более 60 сортов томата, 15 сортов перца сладкого, 10 сортов баклажана различных направлений использования, адаптированных к почвенно-климатическим условиям аридной зоны, с высокой урожайностью, жаростойкостью, качеством плодов, комплексной устойчивостью к заболеваниям и другим неблагоприятным факторам внешней среды.

В качестве исходного материала при создании новых сортов и гибридов овощных культур используется генетическое разнообразие селекционных образцов из коллекции ВИР им. Н.И. Вавилова, генетический материал собственных выделенных селекционных линий, сорта и гибриды различных селекционно-семеноводческих фирм, поступающих в рамках совместных научно-исследовательских работ по селекции и семеноводству.

Благодаря генетическому разнообразию имеющегося селекционного материала только за период с 2018 по 2024 год селекционерами института создано, внесено в Государственный реестр селекционных достижений и передано на государственное сортоиспытание 12 новых сортов овощных культур для открытого грунта, в том числе 6 сортов томата, 1 сорт баклажана, 3 сорта перца сладкого селекции ВНИИООБ.

Новый сорт томата Хорс (внесен в Государственный реестр селекционных достижений в 2023 году) получен в результате отбора в конкурсном и селекционном питомнике нерасщепляющегося селекционного образца томата (Д-79), выделившегося по урожайности, дружности созревания, форме (округлая), размеру (крупные) и окраске (желтая) плодов с последующими улучшающими отборами изучаемого образца. Среднеспелый, салатный, растение детерминантное, высотой 0,70–0,80 м, плоды округлой формы, средней массой 180 г, без зеленого пятна у основания, плодоножка с сочленением. Содержание в плодах сухого вещества – 6,2 %, суммы сахаров – 4,0 %, аскорбиновой кислоты – 8,8 мг%, каротина – 9,8 мг%. Характеризуется высокой урожайностью, оригинальной окраской, отличными вкусовыми качествами и прочностью плодов, хорошей транспортабельностью и длительной сохранностью плодов на растении и после уборки.

Новый сорт перца сладкого Зарница (внесен в Государственный реестр селекционных достижений в 2023 году) получен в результате отбора из нерасщепляющегося коллекционного образца Д-711, сочетающего высокую урожайность,

раннеспелость, выравненность плодов, дружность завязывания и созревания. В процессе селекционной работы по изучению морфобиологических, хозяйственно ценных признаков и биохимических показателей коллекционного образца Д-711 была отобрана перспективная селекционная линия Д-81, сохраняющая в себе все ценные признаки создаваемого сорта: раннеспелый (88–95 суток), растение полуштамбовое, высотой 0,45–0,50 м, плоды конусовидной формы, со средней массой 145 г, толщиной стенки 0,6–0,7 см, содержание сухого вещества – 7,2 %, суммы сахаров – 3,6 %, аскорбиновой кислоты в технической спелости – 182 мг%, в биологической спелости – 218 мг%, Плоды выровненной формы, отличаются красивой окраской как в технической (желтоватые), так и в биологической (темно-красные) спелости, что является важным и ценным показателем для консервной промышленности. Устойчив к высоким летним температурам воздуха и солнечным ожогам плодов. Характеризуется высокой урожайностью (50–55 т/га), скороспелостью и дружностью созревания плодов. Для употребления в свежем виде, консервирования, использования в домашней кулинарии.

Новый сорт баклажана Астраханец (внесен в Государственный реестр селекционных достижений в 2023 году) создан на основе генетического разнообразия имеющегося селекционного материала в результате гибридизации сорта Черный цилиндр с сортом Нижневолжский и линейной селекции в питомниках F₃–F₄ и селекционном питомнике. Одна из родительских форм (сорт Черный цилиндр) характеризуется плодами удлиненно-цилиндрической формы, длиной 0,28–0,40 м, диаметром 0,06–0,09 м, с темно-фиолетовой окраской поверхности кожицы плода и зеленоватой мякотью. Вторая родительская форма (сорт Нижневолжский) имеет плоды удлиненно-цилиндрической формы длиной 0,22–0,26 м, диаметром 0,05–0,06 м. Поверхность кожицы плода – лиловая. Является носителем генетических признаков: нежная консистенция и снежно-белая окраска мякоти плода, не содержащего характерного алкалоида солонин (без горечи). Сорт баклажана Астраханец среднеспелый (115–120 дней), растение полуштамбовое, форма полу раскидистая, стебель со слабой антоциановой окраской. Плоды удлиненно-цилиндрической формы, длиной 0,24–0,30 м, диаметром 0,06–0,07 м, со средней массой 257 г, глянцевого, фиолетового, мякоть белая. Содержание сухого вещества – 8,8 %, суммы сахаров – 2,7 %, аскорбиновой кислоты – 2,2 мг%, средняя урожайность – 55 т/га. Плоды данного сорта используются для приготовления различных консервов (в т. ч. «сотэ»), заморозки, сушки, приготовления на гриле. Благодаря ярко-белой мякоти и отсутствию горечи, консервы и блюда, приготовленные из плодов этого сорта, обладают диетическими свойствами и пригодны для использования и потребления в любой фазе зрелости. Технология приготовления блюд из плодов данного сорта, не содержащего солонин, имеет преимущества и не требует вымачивания в солевом растворе.

Таким образом, генетическое разнообразие имеющегося в институте селекционного материала, содержащего в себе различные сочетания и комбинации генов-доноров и генов-источников ценных признаков, существенно расширяет возможности и диапазон селекционной работы по созданию новых оригинальных сортов и гибридов овощных культур для отечественного овощеводства в рамках решения задач по обеспечению продовольственной безопасности и импортозамещению.

ОПЫТ РЕПРОДУЦИРОВАНИЯ СЕМЯН ОЗИМОЙ МЯГКОЙ ПШЕНИЦЫ ПОСЛЕ ИХ ДЛИТЕЛЬНОГО ХРАНЕНИЯ

А. В. Дементьев, О. П. Митрофанова

Федеральный исследовательский центр Всероссийский институт генетических ресурсов растений имени Н.И. Вавилова (ВИР), Санкт-Петербург, Россия,
alek.dementiew2010@yandex.ru

THE EXPERIENCE OF REPRODUCING SEEDS OF WINTER BREAD WHEAT AFTER THEIR LONG-TERM STORAGE

A. V. Dementiev, O. P. Mitrofanova

N.I. Vavilov All-Russian Institute of Plant Genetic Resources (VIR), St. Petersburg, Russia,
alek.dementiew2010@yandex.ru

Семена озимой мягкой пшеницы, как любой другой сельскохозяйственной культуры, нуждаются в периодическом пересеве для поддержания их жизнеспособности. Общепринято пересевать семена образцов пшеницы с интервалом в пять-десять лет (Solberg et al., 2020). После распада СССР из-за утраты ряда опытных станций ВИР часть образцов выпала из цикла пересева. Прежде всего это коснулось образцов, находившихся в дублетах Среднеазиатского филиала ВИР (Узбекистан) и Устимовской опытной станции ВИР (Украина). В жизнеспособном состоянии семена образцов остались лишь в Кубанском генетическом банке семян (далее Генбанк), куда они были заложены на длительное хранение в период с 1976 по 1991 гг., то есть сроки их хранения даже в контролируемых условиях оказались близкими к критической отметке (50 лет). Мы попытались в условиях Северо-Западного региона РФ оценить возможности восстановления всхожести семян таких образцов.

Материалом для исследования послужили два набора образцов, полученных из Генбанка в 2019 и 2020 г. Первый из них включал 60 образцов, в основном происхождением из разных стран Азии и России (Дагестан). Образцы были заложены на длительное хранение в период с 1976 по 1995 гг. Проведенная нами оценка всхожести показала, что семена 12 образцов имели всхожесть 1–10 %, 6 образцов – 11–20 %, 25 – 25–50 %, 17 – выше 50 %. Другой набор содержал 53 образца (по нашей заявке были присланы российские стародавние сорта, селекционные сорта и линии), репродукция семян 1976–1978 гг. Перед отправкой в ВИР сотрудники Генбанка проверили лабораторную всхожесть семян, она также была разной: 6 образцов – 0–20 %, 9 – 21–40 %, 12 – 41–70 %, 8 – 71–90 % и 18 – более 90 %.

Учитывая страну-происхождения образца и примерный уровень их зимостойкости в условиях Северо-Западного региона России, было принято решение репродуцировать семена образцов первого набора в яровом посеве путем высаживания яровизированных проростков на гряды, а второго – посевом сухих семян под зиму, поскольку ранее проведенный нами опыт показал, что больший объем семенного материала получается при прямом посеве осенью в грунт. Проращивание семян для получения проростков проводили по ГОСТ 12038-84.

При яровизации семян первого набора мы столкнулись с тем фактом, что все проросшие зерновки были поражены плесенью. Чтобы снизить поражение плесенью, проросшие зерновки были перенесены на субстрат (вермикулит) в 200 мл чашки. Каждую чашку упаковывали в отдельный полиэтиленовый пакет (гриппер) для уменьшения испарения влаги из субстрата. Чашки держали при комнатной температуре (+20...+22 °С) до появления всходов, после этого помещали в ящики по 30 шт. в каждый, и переносили в холодильник с t° 0...+2 °С. Во время яровизации на поверхности субстрата и на надземной части растений следы плесени наблюдали лишь у небольшой части образцов, остальные

выглядели абсолютно здоровыми. Однако после прохождения двухмесячной яровизации при высаживании проростков в поле (г. Пушкин) оказалось, что живые растения практически всех образцов поражены плесенью, особенно сильно в области зерновок (рисунок).



Рисунок. Растения озимой мягкой пшеницы, прошедшие яровизацию и в разной степени пораженные плесневыми грибами

Независимо от степени поражения плесенью все проростки образцов из первого набора были высажены на гряды, где спустя какое-то время наблюдали значительную их гибель. Необходимо отметить, что на тех же грядах был высажен материал коллекции с применением той же методики, но незараженный плесенью, его выживаемость составила 90–100%. К моменту уборки погибли полностью растения 19 образцов первого набора. Четыре образца сильно пострадали от шведской мухи и не выколосились. Получили свежую репродукцию семян всего 37 образцов.

Посев образцов второго набора сухими семенами под зиму был проведен в оптимальные сроки также на экспериментальном поле ВИР (г. Пушкин). В начале и конце опытного блока были высеяны сорта-стандарты Мироновская 808 (к-43920), Безостая 1 (к-42790) и Sava (к-46036) для определения полевой всхожести и уровня зимостойкости, каждый по два ряда (50 зерновок в рядок). Образцы набора сеяли также по два ряда, отобрав перед посевом для 13 образцов с высокой лабораторной всхожестью по 100 зерновок, чтобы не допустить сильного загущения посева. Для образцов с более низкой всхожестью высевали все 300 зерновок, полученных из Генбанка. Через три недели был проведен подсчет взошедших растений. Высокая всхожесть была лишь у образцов-стандартов. У размножаемых образцов полевая всхожесть оказалась значительно ниже лабораторной, она не превышала 20 %, при этом семена на делянках 13 образцов вообще не взошли, на делянках 12 образцов было по одному растению, 18 – от двух до десяти растений и только 9 образцов были представлены 11–48 растениями. Гибели растений в результате перезимовки практически не наблюдали. Растения хорошо раскустились, имели от пяти до 12 продуктивных побегов. Свежую репродукцию семян удалось получить для 40 образцов.

Таким образом, при репродуцировании семян образцов, полученных из Генбанка после их длительного хранения, как путем высаживания яровизированных проростков на гряды весной, так и при посеве осенью в поле сухими семенами, растения многих образцов гибнут. Необходимы дальнейшие исследования по восстановлению всхожести ослабленных очень длительным хранением семян и получению из них здоровых растений.

К ВОПРОСУ СОЗДАНИЯ ЦЕЛЕВЫХ ПРИЗНАКОВЫХ КОЛЛЕКЦИЙ ПО БИОХИМИЧЕСКОМУ КАЧЕСТВУ ЗЕРНА ТРИТИКАЛЕ И ОЗИМОЙ РЖИ В БЕЛАРУСИ

Е. Л. Долгова, С. И. Гриб, Е. И. Позняк, И. В. Юшкевич

Научно-практический центр Национальной академии наук Беларуси по земледелию,
Жодино, Беларусь, ms.heldel@gmail.com

ON THE ISSUE OF ESTABLISHING TRAIT-TARGETED COLLECTIONS ACCORDING TO BIOCHEMICAL GRAIN QUALITY FOR TRITICALE AND WINTER RYE IN BELARUS

E. L. Dolgova, S. I. Gryb, E. I. Poznyak, I. V. Yushkevich

Research and Practical Center of the National Academy of Sciences of Belarus for Arable Farming, Zhodino, Belarus, ms.heldel@gmail.com

Как и во всем мире, в Беларуси основой сельскохозяйственного производства является зерновое хозяйство. Достаточные запасы зерна, способные обеспечить население продовольствием, животноводство кормами, промышленность сырьем, в значительной степени определяют независимость и экономическую стабильность страны.

При достигнутом уровне производства зерна, вопросы повышения его качества приобретают важное значение. Использование коллекций генетических ресурсов растений, сформированных по биохимическим признакам, в селекционном процессе позволяет успешно решать ряд важнейших задач, среди которых:

- получение высококачественных сортов сельскохозяйственных растений с привлечением генетических ресурсов обладающих высоким содержанием полезных веществ, с низким содержанием антипитательных соединений, с содержанием веществ, придающих продукции технологическое качество и функциональные свойства;

- обогащение пищевых и кормовых ресурсов и создание привлекательного ассортимента продуктов для потребителей;

- сохранение генетического разнообразия сельскохозяйственных растений и создание ценного материала для современных генетических исследований

В РУП «Научно-практический центр НАН Беларуси по земледелию» ведется работа по созданию целевых признаков коллекций озимого и ярового тритикале по содержанию крахмала в зерне и озимой ржи по комплексу показателей хлебопекарного качества зерна.

Крахмал – это компонент зерна тритикале, который является одним из основных источников углеводов при производстве кормов. Высокое содержание крахмала в зерне делает тритикале уникальной культурой для спиртовой промышленности, кроме того содержание крахмала в зерне тритикале является важным фактором для производства хлеба и кондитерских изделий. Создание признаков коллекций озимого и ярового тритикале по содержанию крахмала в зерне позволяет выделять источники высокого содержания крахмала (более 70 %) для включения их в селекционный процесс.

Нами исследовано содержание крахмала, белка и клейковины в зерне у 62 образцов озимого и 40 образцов ярового тритикале. Установлено, что для озимой формы тритикале значения этого показателя изменялось от 68,0 % до 75,2 %, и в среднем по коллекции составило 72,4 %. Содержание белка и клейковины составило 10,6–14,2 % и 16,3–26,9 % соответственно. Связь содержания крахмала с содержанием белка в зерне отрицательная, коэффициент корреляции составляет $-0,63$. Отмечена отрицательная связь содержания крахмала и с содержанием клейковины в зерне ($r = -0,64$) (рисунок). Для ярового тритикале содержание крахмала в зерне составило от 66,6 до 75,2 %, среднее значение этого показателя по коллекции – 70,7 %. Содержание белка и клейковины 14,5–17,7 % и 20,9–32,6 % соответственно. Достоверной связи содержания крахмала в зерне с содержанием

клейковины для ярового тритикале не отмечено. Отрицательная связь средней силы наблюдалась с показателем «содержание белка» ($r = -0,59$) (см. рисунок).

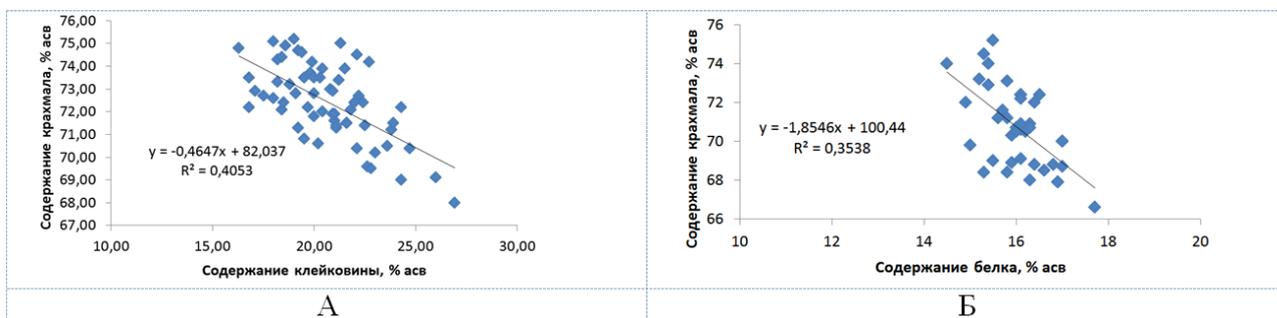


Рисунок. Влияние содержания белка и клейковины на содержание крахмала в зерне тритикале (А – влияние содержания клейковины на содержание крахмала в зерне коллекционных образцов озимого тритикале; Б – влияние содержания белка на содержание крахмала в зерне коллекционных образцов ярового тритикале).

Основным лимитирующим фактором хлебопекарных качеств зерна ржи считается высокая активность фермента α -амилазы, которая определяется по показателю «число падения» или по амилограмме. Выделение форм с низкой активностью α -амилазы, наряду с общим высоким содержанием пентозанов в зерне озимой ржи, рассматривается в качестве главной цели при селекции на улучшенную хлебопекарную ценность. Оценка 35 образцов озимой ржи по показателям хлебопекарного качества показала, что для большинства образцов характерна очень низкая амилолитическая активность зерна, так высота амилограммы достигала 701,5 е. а., а минимальное значение этого показателя не опускалось ниже 198,5 е. а. Показатель «число падения» у всех изученных образцов был низким и колебался от 188 до 286 секунд. По показателю амилолитической активности выделены образцы, которые можно отнести к образцам с высоким технологическим качеством зерна. Для всех проанализированных образцов содержание пентозанов было низким и не превышало 0,2 %.

Эта работа будет нами продолжена, и дополнена целевыми признаковыми коллекциями:

- гречихи посевной по содержанию рутина;
- овса по содержанию β -глюканов в зерне;
- ячменя по содержанию β -глюканов в зерне;
- озимой пшеницы по содержанию высокомолекулярных глютеинов в зерне;
- масличных растений по содержанию незаменимых аминокислот в белке семян.

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ФОТОСИНТЕТИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ В СЕЛЕКЦИИ *MEDICAGO VARIA MART.*

Е. В. Думачева, О. А. Разин, Л. Д. Сайфутдинова

Федеральный научный центр кормопроизводства и агроэкологии им. В.Р. Вильямса,
Лобня, Россия, dumacheva@vniikormov.ru

USING PHOTOSYNTHETIC PARAMETERS IN THE BREEDING OF *MEDICAGO VARIA MART.*

E. V. Dumacheva, O. A. Razin, L. D. Sajfutdinova

Federal Williams Research Center of Forage Production and Agroecology, Lobnya, Russia,
dumacheva@vniikormov.ru

В 2023–2024 гг. в коллекционном питомнике лаборатории физиологии сельскохозяйственных растений ФНЦ «ВИК им. В.Р. Вильямса» изучали более 200 селекционных образцов вида *Medicago varia* различного экологического и географического происхождения, в том числе сложногибридные популяции, синтетические формы и другие, с целью получения информации о сопряженных физиологических функциях, морфологических параметрах и продукционном процессе. Стандартом в опыте служил сорт Находка. Опыт заложен стандартным способом, без повторностей с размещением стандарта – сорта Находка, через каждые 4 селекционных номера. Удобрения и химические препараты на селекционных посевах не использовали. Морфологические, физиологические признаки и свойства, оценку биохимических показателей проводили на 30 отдельных растениях. Укос зеленой массы проводили вручную, срезали растения люцерны на высоте 2 см над уровнем почвы на длине делянки 1,5 м, сухое вещество определяли стандартным методом. Оценку физиологических параметров растений, связанных с ассимиляцией углекислого газа, интенсивностью водообмена и квантовым выходом фотосинтеза, проводили в течение онтогенеза: на этапе активного вегетативного роста (I этап); в период окончания генеративной фазы и начала репродуктивной фазы развития (II этап).

Все изученные селекционные образцы методом кластерного анализа в поле ключевых признаков с учетом комплексных морфобиологических показателей, кормовой продуктивности, данных по интенсивности газообмена селекционные образцы, распределились на II кластера. В целом за 2 укоса сбор СВ у селекционных образцов кластера I составил 0,20 кг/м² и находился в диапазоне 0,070–0,780 кг/м² (Cv = 78,10 %). У образцов кластера II – 0,322 кг/м² и диапазон 0,064–0,741 кг/м² (Cv = 69,66 %). По величине облиственности селекционные образцы кластера I и образцы кластера II были на одном уровне – от 42,11 до 54,90 %.

Содержание протеина у селекционных образцов люцерны кластера I в среднем составляет 21,9 % и изменяется в пределах 15,9–24,2 % (Cv = 21,7 %); у селекционных форм, вошедших в кластер II, в среднем составляет 24,3 % и изменяется в пределах 14,9–26,8 % (Cv = 16,2 %)

Важнейшими показателями переваримости корма в СВ являются уровни содержания НДК (нейтрально-детергентной клетчатки), которая представляет собой сумму структурных углеводов клеточной стенки и состоит из комплекса гемицеллюлоз, целлюлозы и лигнина; и КДК (кислотно-детергентной клетчатки), отражающей количество целлюлозы и лигнина. У селекционных образцов из кластера I и кластера II эти показатели существенно не различаются: уровень НДК составляет соответственно 36,5 и 37,6 % и изменяется у кластера I в пределах 31,8–51,2 % (Cv = 13,8 %), у кластера II – 31,9–49,5 % (Cv = 14,3 %). Величина показателя КДК находится на уровне 26,8 % и 26,0 % и изменяется в среднем в пределах 20,6–41,2 % (Cv = 20,0 %) и 21,3–37,2 % (Cv = 18,1 %).

С целью выделения доли влияния отдельных результативных признаков (А – генотип сортообразца; В – влияние селекции/отбора) провели двухфакторный дисперсионный анализ и оценили силу влияния отдельных факторов на результативные признаки. У селекционных форм кластера I доля влияния генотипа селекционного образца (фактор А) в результативном признаке «урожайность СВ» составляла 36,2 %, у кластера II – 48,7 %. Доля фактора В, отражающего влияние селекции на результирующий признак, составила для образцов из кластера I – 53,6 %, для образцов из кластера II – 40,1 %.

Результаты корреляционного анализа позволили установить тесноту связей между отдельными признаками и свойствами, отвечающими за отбор селекционных образцов *M. varia* по комплексу селекционно ценных признаков и свойств.

Установлены положительные корреляционные взаимоотношения различной силы между признаком «урожайность СВ» как на этапе активного вегетативного роста (I этап); так и в период окончания генеративной фазы и начала репродуктивной фазы развития (II этап) и следующими показателями: интенсивностью фотосинтеза при ФАР 600–900 $\mu\text{M}/\text{m}^2\text{c}$ – $r_s = 0,5756-0,5594$; межклеточной концентрацией CO_2 при ФАР 900 $\mu\text{M}/\text{m}^2\text{c}$ – $r_s = 0,5756$; отношением интенсивности фотосинтеза к межклеточной концентрации CO_2 (A/Ci) при ФАР 900 $\mu\text{M}/\text{m}^2\text{c}$ – $r_s = 0,5097$; интенсивностью транспирации при ФАР 600–900 $\mu\text{M}/\text{m}^2\text{c}$ – $r_s = 0,5882-0,5921$; устьичным сопротивлением при ФАР 600–900 $\mu\text{M}/\text{m}^2\text{c}$ – $r_s = 0,6299-0,6305$; квантовым выходом фотосинтеза при ФАР 150–300 $\mu\text{M}/\text{m}^2\text{c}$ – $r_s = 0,5265-0,4664$.

В качестве источников урожайности СВ и высокой фотосинтетической активности можно рекомендовать селекционные образцы из кластера I – 27/1-37/14; 2-1-4; 2-1-25-7-1; 2-1-30-10-4; 2-1-46, которые превышают сорт-стандарт Находка по интенсивности фотосинтеза на 31,2–85,5 %; по сбору СВ – на 15,6–24,1 %, а также не уступают стандарту по основным морфологическим и биохимическим признакам и свойствам.

Таким образом, в результате комплексной оценки физиологических, морфо-биологических и биохимических признаков и свойств образцов биоресурсной коллекции люцерны изменчивой *M. varia* установлено, что возможно проведение отбора высокопродуктивных форм с учетом оценки параметров газообмена и соотношением их с функцией накопления биомассы и питательных веществ.

ИЗУЧЕНИЕ И ПОДДЕРЖАНИЕ КОЛЛЕКЦИИ *CARTHAMUS TINCTORIUS* L. В УСЛОВИЯХ СЕВЕРНОГО ПРИКАСПИЯ

Н. А. Зайцева, Н. В. Тютюма

Прикаспийский аграрный федеральный научный центр Российской академии наук,
Астраханская область, Россия, rexham@rambler.ru

STUDYING AND MAINTENANCE OF THE COLLECTION OF *CARTHAMUS* *TINCTORIUS* L. IN THE NORTHERN CASPIAN REGION

N. A. Zaitseva, N. V. Tyutyuma

Caspian Agrarian Federal Research Center of the Russian Academy of Sciences, Astrakhan
Province, Russia, rexham@rambler.ru

Сафлор попал в Россию во второй половине XVIII века, а массовые посевы культуры появились в России только в 1930-е годы. Посевные площади сафлора в бывшем СССР составляли порядка 7 тыс. га и размещались в основном на богарных землях в Казахстане, Узбекистане, Таджикистане. Небольшие площади также были на юге Украины и в Поволжье. С распадом СССР о сафлоре практически забыли.

В настоящее время в России сафлор возделывается на площади свыше 240 тыс. га в основном в Волгоградской, Ростовской и Саратовской областях. Незначительные площади сафлора, около 500 га, в последние годы высеваются в Астраханской области.

Научный подход к возделыванию сафлора красильного (*Carthamus tinctorius* L.) был сформирован на Астраханской земле, начиная с начала 1990-х годов, после основания Прикаспийского НИИ аридного земледелия. Учеными института в тесном взаимодействии с сотрудниками ВИР на протяжении ряда лет проводилось изучение коллекционных образцов сафлора, разрабатывались технологии его возделывания в богарных условиях аридной зоны Прикаспия. В результате научной работы в 2002 году внесен в Государственный реестр селекционных достижений сорт сафлора Астраханский 747, который получил широкое распространение и занял 45–60 % посевных площадей за счет своей высокой адаптивности к засушливым условиям. Уже более 20 лет данный сорт успешно возделывается аграриями по всей стране.

Изучение и поддержание мировой коллекции *C. tinctorius* было продолжено в ФГБНУ «ПАФНЦ РАН» в 2017 году. На протяжении пяти лет в изучении находилась коллекция из 25 сортообразцов сафлора из Казахстана, Узбекистана, Мексики, Украины, Канады, России. В результате была проведена оценка образцов по хозяйственно ценным признакам, адаптивности, засухоустойчивости, солеустойчивости. В первые годы изучения из свободно опыленных сортообразцов сафлора были отобраны 40 семей, сафлора, из которых в дальнейшем были выделены 33 образца, имеющие различную высоту, форму и диаметр корзинок, количество и массу семян.

На сегодняшний день количество изучаемых образцов из коллекции ВИР составляет 160 штук. Из данной коллекции по результатам изучения биометрических и хозяйственно ценных признаков уже выделились перспективные для дальнейшего изучения и селекционной работы образцы. Так, по количеству продуктивных ветвей выделился образец из Египта (к-90) – 18 шт. У 8 образцов количество продуктивных ветвей составляло 9-10 шт. (к-65, к-265, к-485, к-486, к-489, к-542, к-259, к-378). У 17 образцов количество ветвей было минимальным – 3-4 шт. У остальных варьировало от 5 до 8 штук на одном растении.

Наибольшее количество корзинок на одном растении было отмечено у к-489 (Верхняя Вольта) – 20 шт., что на 15 шт. больше стандартного сорта Астраханский 747. У образцов к-90 (Египет), к-265 (Польша), к-113, к-270 местный (Индия), к-307 (Марокко), к-475, к-476 (Пакистан), к-485 (Испания), к-486 (Эфиопия), к-542 (Мексика), к-300 Herbe

(Канада), к-378 местный (Азербайджан), к-411 Budakalasz (Венгрия), к-570 (Таджикистан), к-636 Хамелеон (Россия) также формировалось большое количество корзинок на растении от 10 до 18 штук. У остальных данный показатель варьировал от 4 до 9 штук.

По диаметру корзинок выделились 39 образцов, у которых он составлял 2,0–2,3 см. Максимальным диаметром корзинки отличились образцы к-298 Balladi (Египет), к-405 (ГДР) и к-418 (Россия) – 2,3 см, которые превысили стандарт на 0,4 см.

Количество выполненных семян в корзинке варьировало от 4 до 25 шт. Наибольшее количество семян в одной корзинке было отмечено у образца к-434 Composite-1-A (Испания) – 29 шт., что выше стандарта Астраханский 747 на 20 шт. Также высокие показатели от 21 до 26 шт. были у образцов к-12 (Испания), к-268 (Чехословакия), к-326 (ФРГ), к-418 (Россия), к-504 (Венгрия), к-542 (Мексика), к-592 (Туркмения), к-199 местный (Узбекистан), к-274 местный (Индия), к-304 51 Selection C.R.A. (Марокко), к-362 местный 2811 (Иран), к-555 Kino (Мексика), к-557 S-319 (Канада), к-625 Молдир 2008 (Россия).

Масса семян с одной корзинки варьировала от 0,08 до 1,08 г. Наибольшие значения этого признака отмечали у образцов к-12 (Испания), к-418 (Россия), к-542 (Мексика), к-555 Kino (Мексика) – 1,01–1,08 г.

Наибольшим количеством семян с одного растения выделились образцы к-489 (Верхняя Вольта) – 291, к-113 (Индия) – 223 шт., к-542 (Мексика) – 215 шт., к-555 Kino (Мексика) – 206 шт., к-270 местный (Индия) – 201 шт., к-418 (Россия) – 200 шт. У 47 образцов количество семян с одного растения составляло от 101 до 198 шт.

По массе 1000 семян выделился образец из Афганистана к-17 – 51,40 г. У сорта-стандарта Астраханский 747 масса 1000 семян составляла 26,4 г. Из изучаемых 117 образцов только у 12 показатели массы 1000 семян были ниже стандартного сорта и составляли 20,5–26,2 г. У остальных образцов коллекции данный показатель варьировал от 27,9 до 45,7 г.

По урожайности из 117 изучаемых образцов 11 имели урожайность 0,08–0,15 т/га и не превысили стандартный сорт Астраханский 747 с урожайностью 0,15 т/га. Остальные образцы условно можно разделить по урожайности на несколько групп: 1) 8 образцов с урожайностью от 0,82 до 1,35 т/га, где самыми урожайными были к-266 N.P.30 (Индия) – 1,35 т/га, к-274 (Индия) – 1,16 т/га, к-270 (Индия) – 1,11 т/га, к-199 (Узбекистан) – 1,08 т/га; 2) 44 образца с урожайностью 0,16–0,30 т/га, что выше стандарта на 0,10–0,15 т/га; 3) 32 образца с урожайностью 0,31–0,50 т/га, превышающих стандарт на 0,16–0,35 т/га; 4) 22 образца с урожайностью от 0,51 до 0,67 т/га, превышающих стандарт на 0,36–0,52 т/га.



Коллекционный питомник сортообразцов из коллекции ВИР

Изучение и поддержание мировой коллекции продолжается, ведется работа по прямому скрещиванию образцов и оценке полученных гибридов, проводятся лабораторные оценки образцов по соле- и засухоустойчивости, идет селекционная работа по созданию

новых сортов сафлора с высокими показателями продуктивности, адаптивности и масличности.

ОПЫТ МАСШТАБНОГО ГЕНОТИПИРОВАНИЯ РОССИЙСКИХ СОРТОВ ПШЕНИЦЫ (*TRITICUM AESTIVUM*, *T. DURUM*) И РЖИ (*SECALE CEREALE*)

А. С. Крылова, С. В. Тошчаков

Национальный исследовательский центр «Курчатовский институт», Москва,
Россия, krylova.gen@gmail.com

HIGH-THROUGHPUT GENOTYPING OF RUSSIAN WHEAT (*TRITICUM AESTIVUM*, *T. DURUM*) AND RYE (*SECALE CEREALE*) CULTIVARS

A. S. Krylova, S. V. Toshchakov

National Research Center “Kurchatov Institute”, Moscow, Russia,
krylova.gen@gmail.com

Последние полвека, в параллели с развитием технологий молекулярно-генетического анализа, методы селекции с использованием молекулярно-генетических маркеров развивались очень активно. В частности, широко распространены такие методы идентификации молекулярных маркеров, как метод анализа полиморфизма длин рестрикционных фрагментов (RFLP), анализ случайно амплифицированной полиморфной ДНК (RAPD), анализ расщепления полиморфных ампликонов (CAPS), анализ простых коротких повторов (SSR), анализ полиморфизма длин амплифицированных фрагментов (AFLPs).

С середины 2000-х, с появлением технологий секвенирования следующего поколения, начали активно развиваться методы геномной селекции, позволяющие использовать информацию о статусе генетических полиморфизмов в масштабе всего генома растения. Однако несмотря на стремительное удешевление технологий NGS, их широкое применение в селекции растений долгое время было ограниченным ввиду того, что для достижения значимого научного результата необходимо прогенотипировать несколько сотен, а то и тысяч растений. По этой причине в последние годы группа методов секвенирования с уменьшенной представленностью (reduced representation sequencing) стало ключевым подходом, используемым для массового генотипирования. Данные методы хоть и не позволяют получить информацию о всей последовательности генома, позволяют определить статус достаточного количества полиморфизмов для построения генетических карт необходимого разрешения.

В частности, секвенирование с уменьшенной представленностью включает в себя методы обогащения определенных областей генома при помощи фрагментации генома по сайтам узнавания эндонуклеаз рестрикции. Это позволяет секвенировать лишь те участки генома, которые прилегают к данным сайтам узнавания. На основании такого подхода была создана группа методов, получившая название GBS (genotyping-by-sequencing). GBS – упрощенный вариант метода ddRAD для создания библиотек с пониженной репрезентативностью. В результате применения такого подхода генерируется большое количество SNPs для дальнейшего построения генетических карт высокой плотности.

Ключевыми достоинствами этой системы в отличие от полногеномного секвенирования является низкая стоимость, скорость пробоподготовки, минимальное количество этапов ПЦР и очисток, отсутствие фракционирования по размеру, отсутствие ограничений по референтным последовательностям, эффективное мультиплексирование и простота масштабирования. Несмотря на то что в последнее десятилетие стоимость секвенирования, а, следовательно, и генотипирования методом GBS стремительно снижается, стоимость одного запуска секвенатора до сих пор остается весьма значительной. Снижение стоимости, как правило, достигается за счет увеличения выхода запуска, и, как следствие, – снижению стоимости одного образца при наличии эффективной системы молекулярного мультиплексирования образцов в одном запуске. Таким образом наличие

эффективного мультиплексирования является необходимым условием экономической эффективности экспериментов по масштабному генотипированию.

В случае злаковых растений классический вариант GBS основан на фрагментации генома двумя эндонуклеазами рестрикции, одна из которых является частощепающей (*MspI*), а другая редкощепающей (*PstI*). В результате такого подхода секвенируются лишь участки генома, прилежащие к сайтам узнавания *MspI* и *PstI*. Это позволяет получать достоверные и воспроизводимые результаты генотипирования без полного и глубокого покрытия генома.

С целью повышения уровня возможного мультиплексирования библиотек в одном запуске прибора и обеспечения высокой эффективности секвенирования и совместимости с другими библиотеками был разработан дизайн системы генотипирования с четырьмя «молекулярными индексами», позволяющими различать образцы, отсекуемые на одной ячейке прибора.

К основным требованиям, поставленным при разработке методики можно отнести:

1) минимизацию количества этапов обработки; 2) использование на одной цепи ДНК для создания библиотек, что позволяет использовать нефосфорилированный адаптер на одном конце, таким образом снижая образование димеров адаптеров; 3) лигирование адаптеров в присутствии активных ферментов рестрикции, что позволит уменьшить количество химерных последовательностей и димеров адаптеров; 4) взаимозаменяемость конструкции адаптеров; 5) включение внутренних индексов переменной длины в адаптеры для повышения разнообразия последовательностей (улучшает качество секвенирования); б) сохранение совместимости с универсальными праймерами с двойными индексами и, соответственно, с реагентами и библиотеками для секвенирования на системах Illumina.

В процессе лигирования к каждому фрагменту ДНК прикрепляются двухцепочечные адаптеры, представляющие собой модифицированные версии последовательностей TruSeq Read 1 и Read 2 адаптеров, совместимыми с платформами Illumina. Стоит отметить, что адаптеры сконструированы таким образом, что полноценное лигирование осуществляется только с одной цепью ДНК (обратный адаптер не фосфорилирован по нижней цепи). В результате этого обратный адаптер не может лигироваться сам на себя, образуя тем самым димеры адаптеров. Адаптер Read 1 в свою очередь полностью совместим с липким концом вставляемой ДНК, однако он не содержит оснований для воссоздания сайта рестрикции, что дает возможность осуществлять рестрикцию и лигирование одновременно, в одной реакции.

Еще одним усовершенствованием системы является использование внутренних индексов переменной длины, равной 5, 6, 7 или 8 нуклеотидам. Переменная длина внутренних индексов увеличивает разнообразие оснований в пулах библиотек при секвенировании сайта узнавания эндонуклеазы рестрикции, что значительно улучшает качество секвенирования.

Данная система хорошо себя зарекомендовала при генотипировании озимой ржи, озимой пшеницы мягкой, яровой пшеницы мягкой и яровой пшеницы твердой, а также других злаковых сельскохозяйственных культур.

Работа выполнена при поддержке государственного задания НИЦ «Курчатовский институт».

АНАЛИЗ ГЕНЕТИЧЕСКОГО РАЗНООБРАЗИЯ ОБРАЗЦОВ ЕЖИ СБОРНОЙ (*DACTYLIS GLOMERATA* L.) С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ МИКРОСАТЕЛЛИТНЫХ ДНК-МАРКЕРОВ

Ю. М. Мавлютов, Е. Ю. Кривопуск

Федеральный научный центр кормопроизводства и агроэкологии
им. В.Р. Вильямса, Лобня, Россия, yulian92@mail.ru

ANALYSIS OF THE GENETIC DIVERSITY OF COCK'S-FOOT (*DACTYLIS GLOMERATA* L.) ACCESSIONS USING MICROSATELLITE DNA MARKERS

Yu. M. Mavlyutov, E. Yu. Krivopusk

Federal Williams Research Center of Forage Production and Agroecology,
Lobnya, Russia, yulian92@mail.ru

Создание устойчивых кормовых агроэкосистем, включающих многолетние злаковые травы, является важнейшим условием для развития сельского хозяйства и стабильного производства животноводческой продукции. Ежа сборная выделяется высокой кормовой ценностью, стойкостью к неблагоприятным климатическим условиям и способностью приспосабливаться к различным типам почв. Эти качества делают ее особенно перспективной для селекционной работы, направленной на повышение продуктивности, устойчивости к болезням и долголетия. Важным направлением этой работы также является адаптация сортов ежи сборной к специфическим условиям различных регионов России.

Современные молекулярно-генетические методы, такие как использование ДНК-маркеров, ускоряют селекционные процессы и позволяют эффективнее оценивать генетическое разнообразие исходного материала. Микросателлитные локусы (SSR – *Simple Sequence Repeats*), обладающие высоким уровнем полиморфизма и кодоминантной природой, широко применяются для изучения генетической изменчивости и дифференциации сортов злаковых трав.

Однако для успешного внедрения молекулярно-генетических методов в селекцию многолетних злаков необходимо учитывать как биологические особенности культуры, так и технические и экономические аспекты проведения анализа. Это позволит более эффективно использовать информацию о геноме для разработки новых сортов ежи сборной, обладающих улучшенными характеристиками, адаптированными к различным агроклиматическим условиям.

Цель настоящего исследования заключалась в дифференциации отечественных образцов ежи сборной (*Dactylis glomerata* L.) с использованием SSR-маркеров.

Объектом исследования послужила коллекция из 10 сортов и сортообразцов ежи сборной различного происхождения. Выделение ДНК осуществляли методом SDS с модификациями из суммарной навески растительной ткани, состоящей из 30 проростков от каждого сорта («балк-образец»). Для SSR-анализа использовали 10 маркеров, отобранных по литературным данным. ПЦР проводили по стандартной методике. Детекцию результатов осуществляли с помощью капиллярного электрофореза и программного обеспечения Qsep1 Plus.

Из 10 протестированных микросателлитных маркеров информативными оказались 7 (70%), с которыми выявлено 42 аллеля, из них 15 (35,7%) оказались уникальными для отдельных образцов. При этом их размер варьировал от 97 до 215 пн. Наиболее полиморфным оказался локус A01E14, в нем выявлено 8 аллелей. Наименьшим полиморфизмом характеризовался локус Dg_Contig12453 (обнаружено 3 аллеля). С микросателлитными локусами A01E14 и A03C05 получили максимальное количество сортоспецифичных аллелей – по 4, а с локусом FOG258 – минимальное (один).

Для наглядного представления филогенетических отношений между образцами ежи сборной построена дендрограмма и осуществлен анализ методом главных компонент (рисунок А, Б).

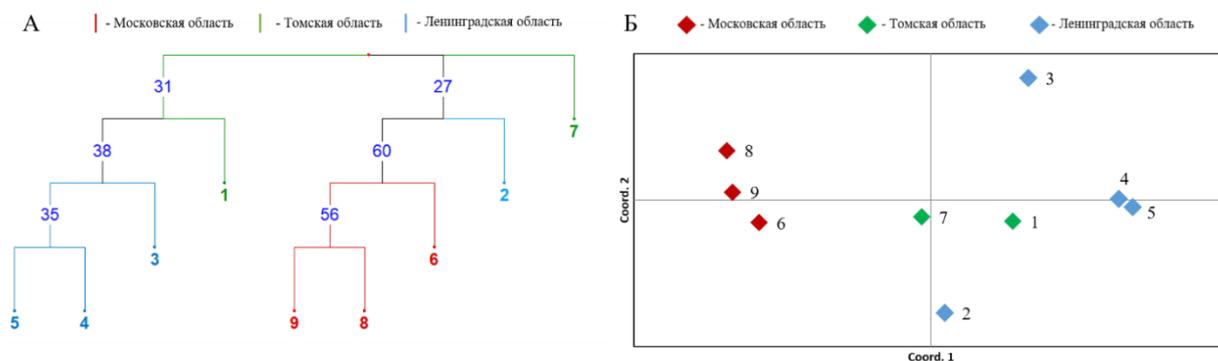


Рис. 1. Дендрограмма (А) и график РСoА (Б) результатов анализа сортов и сортообразцов ежи сборной с использованием микросателлитных локусов: 1 – Нарымская 3 (Томская обл.); 2 – Нева (Ленинградская обл.); 3 – Хлыновская (Ленинградская обл.); 4 – Триада (Ленинградская обл.); 5 – Нарымская 3 (Ленинградская обл.); 6 – ВИК 61 (Московская область); 7 – Былина (Томская обл.); 8 – Д-8 (Дединовская-8) (Московская область); 9 – сортообразец ВИК 2024 (Московская область)

Распределение образцов ежи сборной на дендрограмме и графике главных компонент соответствует происхождению исследуемых репродукций. Однако присутствуют и отклонения. Например, сорт Нева, полученный в Ленинградской области, не сгруппировался с другими образцами из данного региона. При этом образцы сорта Нарымская 3 (оригинатор СФНЦА РАН), отличающиеся различным происхождением семян, на дендрограмме и графике РСoА расположились удаленно. Выявленные расхождения между репродукциями одних и тех же сортов свидетельствуют о значительных изменениях аллельного состава в процессе их размножения. В дальнейшем детальное изучение причин данных различий, а также динамики изменения аллельного состава от репродукции к репродукции, может быть полезно для оптимизации селекционных методов, направленных на улучшение адаптивных и продуктивных характеристик сортов злаковых трав.

Таким образом, проведенное исследование выявило высокий уровень генетической изменчивости сортов ежи сборной, что создает предпосылки для дальнейшего изучения механизмов генетической дифференциации, связанных с перекрестным опылением и влиянием агроклиматических условий. Вероятно, углубленное понимание этих процессов позволит селекционерам разрабатывать более устойчивые и продуктивные сорта многолетних злаковых трав, адаптированные к условиям различных регионов России.

ВЛИЯНИЕ ПРОЦЕССА БАРБОТИРОВАНИЯ НА ВСХОЖЕСТЬ СЕМЯН *GYPSOPHILA ALTISSIMA*

Р. Т. Мусина, М. Ю. Ишмуратова, Е. А. Гаврилькова, С. У. Тлеукенова
Карагандинский университет имени Е.А. Букетова, Караганда, Казахстан,
rosanna_1983_@mail.ru

THE EFFECT OF THE BARBOTAGE PROCESS ON SEED GERMINATION IN *GYPSOPHILA ALTISSIMA*

R. T. Mussina, M. Yu. Ishmuratova, E. A. Gavrilkova, S. U. Tleukenova
Karaganda Buketov University, Karaganda, Kazakhstan, rosanna_1983_@mail.ru

В настоящее время ученые стремятся повысить урожайность экономически полезных видов растений. Одним из методов, позволяющих получить высокую продуктивность, является воздействие на растительный материал физического фактора – барботирования.

Метод барботирования часто используется для проращивания семян, поскольку он значительно увеличивает скорость прорастания и энергию прорастания семян, а процесс прорастания быстрее проходит свои стадии развития. Этот метод повреждает защитную мембрану оболочки семени, обеспечивает поступление кислорода, вымывает патогенную флору, выводит зародыш из состояния глубокого покоя и ускоряет его рост.

Метод барботирования подходит для труднопрорастающих семян, находящихся в состоянии глубокого физиологического покоя. Преимуществами данного метода является более короткое время проращивания, более быстрое прорастание семян, ускоренное развитие проростков и возможность получения более высоких урожаев.

Целью настоящей работы является изучение влияния процесса барботирования на показатели жизнеспособности семян *Gypsophila altissima* L. (семейство Caryophyllaceae), прошедших период хранения в жидком азоте.

Лабораторные исследования с семенным материалом *G. altissima* проводили в лаборатории криобиологии Исследовательского парка биотехнологии и экомониторинга Карагандинского университета имени академика Е.А. Букетова. Семена были собраны в окрестностях пос. Торгай (Кустанайская область, Казахстана).

Для оптимизации условий криоконсервации семян *G. altissima* и изучения влияния барботирования эксперименты проводились в матерчатом мешочке в пластиковом цилиндре, оснащенный погружным компрессором. Опыты были проведены в двух вариантах: барботирование в течение еще 24 часов с применением семян после криоконсервации; барботирование семян, хранившихся без криоконсервации. Контролем служили семена, хранившиеся в холодильной камере и не прошедшие процесс барботирования.

Всхожесть семян качима до применения барботирования составила $85,0 \pm 7,50$ %, энергия прорастания – $77,5 \pm 5,50$ %. В вариантах опыта с барботированием семян без криоконсервации всхожесть увеличилась до $90,0 \pm 8,20$ %, а энергия прорастания до $82,5 \pm 1,19$ %. Данные показатели превышают контроль на 5,0 %.

Семена, прошедшие криохранение в течение месяца, после барботирования в течение 24 часов имели следующие показатели: всхожесть и энергия прорастания составила $92,5 \pm 1,67$ %. То есть показатели всхожести выросли на 7,5 % по сравнению с контролем, на 2,5 % по сравнению с вариантом барботирования без предварительной криоконсервации.

Таким образом, для достижения наилучших показателей прорастания семян *G. altissima* рекомендуется применять криодепонирование семян в жидком азоте, применять барботирование в течение 24 ч как метод предпосевной обработки.



РОЛЬ СЛУЧАЙНЫХ ФАКТОРОВ В СОЗДАНИИ СОРТОВ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ КУЛЬТУР С НОВЫМИ ХОЗЯЙСТВЕННО- БИОЛОГИЧЕСКИМИ ПРИЗНАКАМИ НА ПРИМЕРЕ ПОЛУЧЕНИЯ ОБРАЗЦОВ ЛЬНА МАСЛИЧНОГО, УСТОЙЧИВЫХ К ИМИДАЗОЛИНОНАМ

В. В. Мясоедов

Научно-исследовательский центр «Ставропольская селекционно-семеноводческая станция», Ставрополь, Россия, 905893@mail.ru

THE ROLE OF RANDOM FACTORS IN THE DEVELOPMENT OF CROP CULTIVARS WITH NEW AGRONOMIC AND BIOLOGICAL CHARACTERISTICS ON THE EXAMPLE OF OBTAINING OILSEED FLAX SAMPLES RESISTANT TO IMIDAZOLINONES

V. V. Myasoedov

Scientific Research Center “Stavropol Breeding and Seed Production Station”, Stavropol, Russia, 905893@mail.ru

Несмотря на масштабное применение новейших методов селекции, до сих пор хорошо узнаваемы и широко распространены так называемые сорта «народной» селекции, полученные в результате непреднамеренных скрещиваний с последующим многолетним индивидуальным отбором, родительские пары и полный список авторов которых доподлинно неизвестны. Особенно много таких сортов в овощеводстве, плодоводстве и виноградарстве. Достаточно упомянуть, что в этом списке находится самый популярный в мире сорт яблоки – Голден Делишес. В российском госреестре до сих пор немало подобных сортов, особенно среди сельхозкультур, традиционных для наших территорий. Их названия в большинстве случаев содержат наименование таких регионов. Вот лишь некоторые примеры: гречиха – Амурская местная и Бурятская местная, яровая мягкая пшеница – Камышинская 3 и Саратовская 29, горох посевной – Омский 7 и Мелкосемянный 2, просо – Харьковское 65, лен масличный – Исилькульский. Это лишь часть самых известных позиций.

Индивидуальный отбор – это выделение отдельных особей с интересующими селекционера признаками и получение от них потомства. Уже сотни лет данный метод является основным в селекции самоопыляемых сельхозкультур. Визуальная оценка отобранных растений и их потомства путем зрительных и измерительных наблюдений – главный инструмент закрепления хозяйственно ценных признаков и получения, в конечном итоге, чистых линий. Наш научно-исследовательский центр широко использует данную методику в своей селекционной программе.

Научно-исследовательский центр «Ставропольская селекционно-семеноводческая станция» (НИЦ «СССС») был создан в 2012 г. как селекционное подразделение ГК «КВН-Агро», проектно работающей с 1989 г. на юге России в сфере производства маслосемян рапса и льна. Основная задача нашей сегодняшней селекционной программы – выведение высокоурожайных сортов, отвечающих в полной мере рыночным показателям качества готовой продукции, приспособленных к почвенно-климатическим условиям Северного Кавказа и соответствующих особенностям зональных экономически обоснованных технологий выращивания. В настоящее время мы занимаемся селекцией озимого рапса, озимой пшеницы, льна масличного, гороха посевного, горчицы белой и чечевицы.

В поле, изображенном на рисунке, в 2022 г. размещался селекционный участок льна масличного, в котором были посеяны первичное семеноводство коммерческих сортов, сортоиспытание образцов российского и зарубежного происхождения, а также питомники скрещивания, размножения и отбора этой культуры. В 2023 г. здесь выращивался уравнительный посев озимой пшеницы на товарные цели. Весной 2024 г. в данном поле

высевался селекционный участок бобовых культур – гороха посевного и чечевицы. Сезон текущего года характеризовался очень ранним наступлением теплого периода, три последних года, включая нынешний, были засушливыми. Вместе со всходами высеянных семян появилась падалица льна, семена которой, очевидно, сохранились с 2022 г. Необходимо отметить, что появление падалицы тех или иных культур через год и более после посева – обычное дело в засушливой зоне юга России. Все поле целиком было обработано в фазе двух настоящих листьев гороха, но до появления всходов чечевицы, рекомендованной нормой гербицида на основе действующего вещества имидазолинона в полной дозировке. В фазе трех настоящих листьев чечевицы участок под этой культурой был обработан тем же препаратом повторно. Таким образом, часть поля, показанная на рисунке, была обработана имидазолиноном дважды с интервалом в 18 дней. Подавляющее большинство растений падалицы льна погибло от химического воздействия, однако 5 экземпляров выжили, были замечены, выращены и индивидуально убраны в фазе полной спелости. Ввиду произрастания на данном поле в позапрошлом году сотен образцов различных генотипов льна и частичной деформации обмолоченных растений от действия гербицида, точно определить происхождение полученных семян не представляется возможным, однако данный генетический материал несомненно представляет собой высокую селекционную ценность и наверняка позволит нам через 5-6 циклов выращивания получить сорт льна масличного, устойчивый к имидазолинонам, возможно даже не один.

Несмотря на то, что в звене севооборота озимые колосовые – лен – озимые колосовые, общепринятом на Северном Кавказе, применение имидазолинона на льне не оправдано экономически ввиду высокой цены препарата и заметного последствия, считаем будущий сорт перспективным для аграрных регионов Сибири, где лен масличный традиционно массово выращивают после гороха и подсолнечника (в том числе имидазолинонустойчивого). Новый сорт льна позволит снять ограничения в применении популярных на горохе и подсолнечнике гербицидов в указанных звеньях севооборотов и повысить долю высокомаржинальных культур без снижения их урожайности. Таким образом, при достижении положительного результата НИЦ «СССС» планирует начать сортоиспытание и регистрацию льна, устойчивого к имидазолинонам, именно в 9, 10 и 11 регионах допуска.



Рисунок. Растение льна масличного (падалица), успешно перенесшее двукратную обработку гербицидом на основе имидазолинона в селекционном питомнике бобовых культур.

ГЕНЕТИЧЕСКАЯ КОЛЛЕКЦИЯ СОРТОВ ЗЕМЛЯНИКИ САДОВОЙ НА СВЕРДЛОВСКОЙ СЕЛЕКЦИОННОЙ СТАНЦИИ САДОВОДСТВА НА 2024 ГОД

О. А. Павлова

Уральский федеральный аграрный научно-исследовательский центр Уральского отделения Российской академии наук (УрФАНИЦ УрО РАН), Свердловская селекционная станция садоводства – структурное подразделение УрФАНИЦ УрО РАН, Екатеринбург, Россия, pavlova.olga.81@gmail.com

GENETIC COLLECTION OF GARDEN STRAWBERRY CULTIVARS AT SVERDLOVSK BREEDING STATION OF HORTICULTURE IN 2024

O. A. Pavlova

Ural Federal Agrarian Research Center of the Ural Branch of the Russian Academy of Sciences (UrFARC UrB RAS), Sverdlovsk Breeding Station of Horticulture – subdivision of the UrFARC UrB RAS, Yekaterinburg, Russia, pavlova.olga.81@gmail.com

Земляника садовая (*Fragaria × ananassa* Duch.) – распространенная ягодная культура во всех регионах России, одна из первых открывает сезон потребления свежей плодово-ягодной продукции. Обладает неповторимым ярким вкусом, ароматом и цветом, богатым биохимическим составом плодов. На Среднем Урале произрастает в диком виде, культурные сорта выращиваются садоводами любителями, малыми и большими КФХ и другими видами производителей сельскохозяйственной плодово-ягодной продукции.

Работа по сбору и изучению коллекций земляники ведется на станции садоводства с 1940 года, сорта – доноры ценных хозяйственно-биологических признаков рекомендуются для использования в селекции.

Генетическая коллекция сортов земляники на 2024 год представлена 64 образцами различной селекции с различными сроками созревания и типами плодоношения, данная коллекция сформирована с 2020 по 2023 годы. Изучение проводилось в климатических условиях Среднего Урала, в открытом грунте, на естественном фоне, в соответствии с «Программой и методикой сортоизучения плодовых, ягодных и орехоплодных культур»

В результате изучения сортов иностранной селекции

по комплексу признаков выделились сорта: Alba, Albion, Milan, Cabrillo, Murano, Harmony;

по высокой урожайности: Alba, Albion, Zefyr, Isaura, Malling Pandora, Sonsation, Milan, Cabrillo, Murano, Harmony (более 150 ц/га);

по высокой плотности ягоды: Albion, Asia, Elianny, Milan, Cabrillo, Murano, Harmony, Marigquette (1200 г и более);

по зимостойкости: Alba, Albion, Zefyr, Isaura, Malling Pandora, Sonsation, Milan, Cabrillo, Murano, Harmony, Elianny, Marigquette (0,5–1,0 балл);

по дегустационной оценке: Totem, Marigquette, Elianny, Cabrillo, Murano, Zefyr (4,7–5,0 баллов).

В результате изучения сортов отечественной селекции по комплексу признаков выделились сорта: Алтын, Дуэт, Избранница, Форсаж.



Рисунок. Сорты земляники садовой (*Fragaria × ananassa* Duch.): 1 – Totem, 2 – Alba, 3 – Избранница, 4 – Albion, 5 – Harmony, 6 – Marigquette, 7 – Zefyr, 8 – Алтын, 9 – Форсаж

ФОРМИРОВАНИЕ КОЛЛЕКЦИИ *EX SITU* И РЕЗУЛЬТАТЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ В СЕЛЕКЦИИ ГЕНЕТИЧЕСКИХ РЕСУРСОВ ХОЗЯЙСТВЕННО ПОЛЕЗНЫХ РАСТЕНИЙ В РЕСПУБЛИКЕ БЕЛАРУСЬ

Ф. И. Привалов¹, С. И. Гриб², И. С. Матыс², А. С. Лавникевич²

¹ Центральный ботанический сад Национальной академии наук Беларуси, Минск,
Беларусь, office@cbg.org.by

² Научно-практический центр Национальной академии наук Беларуси по земледелию,
Жодино, Беларусь, belgenbank@mail.ru

FORMATION OF AN *EX SITU* COLLECTION AND THE RESULTS OF USING GENETIC RESOURCES OF ECONOMICALLY IMPORTANT PLANTS IN BREEDING IN THE REPUBLIC OF BELARUS

F. I. Privalov¹, S. I. Gryb², I. S. Matys², A. S. Lavnikevich²

¹ Central Botanical Garden of the National Academy of Sciences of Belarus, Minsk, Belarus,
office@cbg.org.by

² Research and Practical Center of the National Academy of Sciences of Belarus for Arable
Farming, Zhodino, Belarus, belgenbank@mail.ru

Биоразнообразие в Республике Беларусь, как и в целом разнообразие жизни на Земле, имеет ключевое значение для социально-экономического развития и жизнедеятельности населения нашей страны. Сохранение биоразнообразия для производства продовольствия и ведения сельского хозяйства требует всестороннего контроля состояния и методов использования всех компонентов биоразнообразия, основанного на генетической изменчивости растений, животных и микроорганизмов на организменном, видовом и экосистемном уровнях. Республика Беларусь располагает 7,6 млн га сельскохозяйственных угодий, в том числе 4,7 млн га занимают пахотные земли. Природная флора Республики Беларусь в целом включает около 2 тыс. видов сосудистых растений, в ее составе 1120 видов хозяйственно полезных растений (более 50 % от общего состава флоры), в том числе более 30 % диких родичей культурных растений (ДРКР).

С 2000 года по настоящее время в стране в рамках Государственной программы «Генофонд растений» проводится целенаправленная работа по сбору, сохранению и изучению генетических ресурсов растений с целью последующего их использования в селекции. В ее реализации участвуют 11 научных учреждений Национальной академии наук Беларуси, на которых возложены задачи мобилизации, формирования *ex situ*, *in situ*, *in vitro* сохранения документирования и изучения коллекций ресурсов растений. В результате выполнения мероприятий этой программы в республике сформирован генетический фонд культурных растений. Для координации работ по генетическим ресурсам растений в Республике Беларусь функционирует Координационный совет (рисунок) в составе 20 ведущих ученых республики. Развитие исследований в данном направлении обеспечило создание Национального банка семян генетических ресурсов хозяйственно полезных растений РУП «Научно-практический центр НАН Беларуси по земледелию» (далее генбанк), который получил статус научного объекта, национального достояния Республики Беларусь (постановление Совета Министров Республики Беларусь от 27.12.2019 г. № 924).

Ex situ коллекция генетических ресурсов растений Республики Беларусь насчитывает более 96,0 тыс. коллекционных образцов и включает культурные растения и их дикие родичи: зерновые, зернобобовые, крупяные, масличные, технические, кормовые, овощные, картофель, плодовые, ягодные, орехоплодные, лекарственные и пряно-ароматических, цветочные, декоративные, древесные, кустарниковые, оранжерейные, лесные древесные породы, природные популяции хозяйственно значимых видов, в том числе родственных окультуренным диким видам. Наиболее значимые из них

коллекции плодовых, ягодных, орехоплодных культур и винограда РУП «Институт плодородства», живые коллекции интродуцированных растений мировой флоры ГНУ «Центральный ботанический сад НАН Беларуси», ДНК коллекции растений ГНУ «Институт генетики и цитологии», ГНУ «Институт леса НАН Беларуси» и коллекции картофеля РУП «Научно-практический центр НАН Беларуси по картофелеводству и плодоовощеводству» включены в Государственный реестр научных объектов, составляющих национальное достояние страны.



Рисунок. Выездное заседание Координационного Совета по генетическим ресурсам растений Республики Беларусь, 2024 г.

Ex situ коллекция Национального генбанка семян в составе более 51,6 тысячи образцов, представлена 753 видами, 393 разновидностями растений. В нее 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 растений – 45,0 %. Зернобобовые составляют 16,0 % коллекционного фонда, масличные (крестоцветные) – 6,0 %, крупяные – 4,0 %, кормовые – 15,0 % и прочие растения – 14 %. Семенные коллекции по своему географическому происхождению включают коллекционные образцы 126 стран мира, 38 % коллекционных образцов белорусского происхождения. Коллекция диких родичей в генбанке представлена 1289 образцами семян природных популяций, которые относятся к 62 семействам, 285 родам, 475 видам. В их числе 89 редких видов, включенных в Красную книгу Республики Беларусь. В коллекции преобладают таксоны хозяйственно полезных растений, 316 образцов 93 видов относятся к семейству злаковые, 253 образца 53 видов – к семейству бобовые. Создано 116 целевых признаковых коллекций по наиболее важным, приоритетным направлениям селекции сельскохозяйственных растений.

Организовано широкое международное сотрудничество в области генетических ресурсов растений, участие в деятельности международной сети ФАО, обмен генофондом растений с международными центрами сельскохозяйственных исследований и международными генбанками.

Таким образом, формирование и сохранение видового и внутривидового генетического разнообразия, высокий уровень репрезентативности культивируемой и природной флоры в коллекциях *ex situ* обеспечивает широкую генетическую базу для реализации селекционных программ различных направлений. Всего за период 2000–2023 гг. было создано и включено в Государственный реестр сортов Республики Беларусь более 1200 сортов, из них с использованием *ex situ* коллекции Национального банка семян генетических ресурсов хозяйственно полезных растений РУП «Научно-практический центр НАН Беларуси по земледелию» более 500 сортов и гибридов зерновых, зернобобовых, крупяных, масличных, кормовых, технических растений.

ПОКАЗАТЕЛИ КАЧЕСТВА ЗЕРНА У ЛИНИЙ ПШЕНИЧНОГО ТИПА ОТ СКРЕЩИВАНИЯ МЯГКОЙ ПШЕНИЦЫ ИЗ КИТАЯ С РОЖЬЮ ПОСЕВНОЙ

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

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

GRAIN QUALITY INDICATORS OF WHEAT-TYPE LINES FROM CROSSING CHINESE BREAD WHEAT WITH COMMON RYE

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

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

Образцы озимой мягкой пшеницы из Китая, включенные в коллекцию ВИР с 1922 по 2022 г., представляют большой интерес для отечественной селекции как источники новых аллелей генов. Однако работа с ними затруднена из-за плохой перезимовки в условиях многих регионов России. Ранее, проводя среди китайской мягкой пшеницы (*Triticum aestivum* L.) поиск образцов, хорошо скрещивающихся с рожью посевной (*Secale cereale* L., $2n = 14, RR$), нами была проведена гибридизация 120 образцов с этой рожью и получены межродовые гибриды F_1 , некоторые из них оказались частично фертильными. Многолетним индивидуальным отбором на высокую перезимовку, а также признаки продуктивности растения и колоса было создано восемь линий, растения которых морфологически ничем не отличались от мягкой пшеницы, далее линии пшеничного типа (рисунок). С использованием анализа GISH показано, что все линии имеют типичное для мягкой пшеницы число хромосом ($2n = 6x = 42$) и состав генома ($14AA+14BB+14DD$) и не содержат генетический материал ржи (Пюккенен и др., 2019). Из них шесть линий были отобраны из расщепляющейся гибридной популяции F_4 (*T. aestivum* Л₆₁₂₆₃ × *S. cereale* Ильмень), а две – из комбинации F_9 от скрещивания озимой мягкой пшеницы с инбредной линией ржи. Все эти линии прошли полевую оценку в сезоны с 2019/2020 по 2023/2024 гг. Цель настоящего исследования определить показатели качества зерна созданных линий, чтобы получить представление о его пищевой ценности и технологических достоинствах.



Рисунок. Колосья и зерно линии пшеничного типа Л402, отобранной из потомства пшенично-ржаных гибридов F_4 (*T. aestivum*, Л₆₁₂₆₃ × *S. cereale*, Ильмень)

Оценивали физические свойства зерна, состояние его углеводно-амилазного комплекса, физико-химические свойства муки, полученной из цельного зерна, реологические свойства теста. По разным показателям линии прошли трехгодичную, двухгодичную или одногодичную оценку в зависимости от количества имеющегося зерна. Для классификации разнообразия линий пшеничного типа по результатам оценок названных выше признаков были использованы классификаторы, разработанные

сотрудниками ВИР (Комаров и др., 1984; Филатенко, Шитова, 1989) и сотрудниками лабораторий оценки качества в International Center for Agricultural Research in the Dry Areas, ICARDA (Williams et al., 1988), а также классификационные нормы ГОСТ 34702-2020.

Известно, что качество зерна является обобщающим показателем, результатом взаимодействия генотипа сорта или линии с почвенно-климатическими условиями региона их выращивания и агротехническими приемами возделывания. Полученные нами данные показали, что отличительными признаками линий пшеничного типа почти независимо от года выращивания были большая и очень большая масса 1000 зерен и высокая и очень высокая натура зерна. Известно, что последний из названных показателей связан с плотностью зерна, его крупностью и формой. Он обуславливает мукомольные достоинства пшеницы. По консистенции эндосперма зерно линий было мучнистым (стекловидность 31–50 %) и полу-мучнистым (51–70 %), как и у использованного нами сорта-стандарта озимой мягкой пшеницы 'Мироновская 808' (к-43920). Стекловидное зерно сформировалось лишь у двух линий. Содержание белка в муке из цельного зерна варьировало в зависимости от года выращивания в пределах от низкого до очень высокого. Стабильность по этому признаку проявила одна из линий. Содержание сырой клейковины в муке из цельного зерна изменялось также от низкого до очень высокого. В тех же пределах оно изменялось по годам и у сорта-стандарта, при этом сохраняя соответствие 1-му или 2-му классу. Исключение составила одна из линий, у которой содержание сырой клейковины было стабильным в оба года изучения. По качеству, эластичности клейковина у всех линий пшеничного типа была показана как удовлетворительно слабая (80–100 ед. ИДК), за исключением одной линии, которая имела хорошую по качеству клейковину.

Состояние углеводно-амилазного комплекса зерна, влияющего на устойчивость к его предуборочному прорастанию, оценивали по «числу падения» в секундах. При оценке зерна линий пшеничного типа в основном были получены очень высокие значения этого показателя, у сорта-стандарта – средние. Они указывали на пониженную или низкую амилолитическую активность зерна.

Считают, что показатель седиментации комплексный, он косвенно характеризует содержание и качество белка в зерне. Для сравнения линий по силе муки мы рассчитали также индекс SDS-седиментации как частное от деления показателя седиментации на содержание белка. Показатель седиментации у линий пшеничного типа варьировал от 40 до 80 мл, а величина индекса SDS-седиментации изменялась от 3,8 до 5,6. Исключением была одна линия, у которой индекс седиментации был равен 2,2. Полученные значения показателя седиментации характерны для сортов сильной пшеницы с хорошим или очень хорошим качеством клейковины. Наиболее высокую силу муки имели две линии в оба года изучения (индексы седиментации 5,1 и 5,4), у сорта-стандарта он был средним – 4,9.

Таким образом, направленным индивидуальным отбором из ранних поколений пшенично-ржаных гибридов, полученных на основе мягкой пшеницы происхождением из Китая, созданы продуктивные и зимостойкие в условиях Северо-Западного региона РФ линии пшеничного типа, которые имеют показатели качества зерна и муки на уровне ценной пшеницы. Зерно линий пшеничного типа может быть использовано для хлебопечения в чистом виде, а сами созданные линии являются источниками высокой массы 1000 зерен и высокой натуры зерна.

**НОВЫЕ ЛИНИИ СОРГО (*SORGHUM BICOLOR* (L.) MOENCH) –
ВОССТАНОВИТЕЛИ ФЕРТИЛЬНОСТИ ПЫЛЬЦЫ, УСТОЙЧИВЫЕ
К ОБЫКНОВЕННОЙ ЗЛАКОВОЙ ТЛЕ**

**Е. Е. Радченко, И. Н. Анисимова, И. А. Кибкало, М. К. Рязанова, А. С. Малашонок,
Н. В. Алпатьева, Р. А. Абдуллаев**

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

**NEWLY DEVELOPED RESTORER LINES OF SORGHUM (*SORGHUM BICOLOR* (L.)
MOENCH) RESISTANT TO GREENBUG**

**E. E. Radchenko, I. N. Anisimova, I. A. Kibkalo, M. K. Ryazanova, A. S. Malashonok,
N. V. Alpatieva, R. A. Abdullaev**

N.I. Vavilov All-Russian Institute of Plant Genetic Resources (VIR), St. Petersburg, Russia,
alpatievanataia@mail.ru

Охарактеризованы 8 линий зернового сорго (*Sorghum bicolor* (L.) Moench), перспективных для гетерозисной гибридной селекции в качестве восстановителей фертильности пыльцы и доноров устойчивости к обыкновенной злаковой тле (*Schizaphis graminum* Rondani). Новые линии-восстановители (R-линии) получены путем скрещивания материнской стерильной линии Низкорослое 81с (ЦМС типа А1) с линиями, отобранными из образцов зернового сорго к-928 и к-929 коллекции ВИР, в качестве отцовских форм. R-линии генотипировали с помощью молекулярных маркеров, а также охарактеризовали по высоте, продолжительности периода «всходы – цветение» и некоторым показателям качества белка и крахмала. С использованием трех кодоминантных молекулярных маркеров у R-линий был идентифицирован ген восстановления фертильности пыльцы *Rf2*, показана высокая жизнеспособность пыльцы, а в полевых и лабораторных условиях (рисунок) – высокая устойчивость к обыкновенной злаковой тле. R-линии могут быть рекомендованы для получения гибридов F1, а также в качестве доноров высокоэффективных *Rsg*-генов устойчивости к тле и гена *Rf2* в селекционных программах.



**Рисунок. Устойчивая к *Schizaphis graminum*
линия зернового сорго R-929-1 (слева)
и восприимчивая стерильная
линия Низкорослое 81с (справа)
(по: Radchenko et al., 2024)**

Работа выполнена при поддержке Министерства науки и высшего образования России в рамках соглашения № 07515-2020-911 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».

МОБИЛИЗАЦИЯ ДАННЫХ О РАСПРОСТРАНЕНИИ ПЛОДОВО-ЯГОДНЫХ РАСТЕНИЙ ФЛОРЫ ЦЕНТРАЛЬНОГО КАЗАХСТАНА

А. К. Рамазанов, М. П. Шашков, М. Ю. Ишмуратова, Н. В. Иванова,
Е. А. Гаврилькова, С. У. Тлеукенова, Р. Т. Мусина
Карагандинский университет имени Е.А. Букетова, Караганда, Казахстан,
kairidenovich_rak@mail.ru

DATA MOBILIZATION ON FRUIT AND BERRY PLANT OCCURRENCES IN THE CENTRAL KAZAKHSTAN FLORA

A. K. Ramazanov, M. P. Shashkov, M. Yu. Ishmuratova, N. V. Ivanova, E. A. Gavrilkova,
S. U. Tleukenova, R. T. Mussina
Karaganda Buketov University, Karaganda, Kazakhstan, kairidenovich_rak@mail.ru

Проблема сохранения генетического потенциала плодово-ягодных растений, его практическое внедрение в культуру, использование в современной селекции – одна из базовых основ в создании новых сортов, форм и гибридов. Необходимость проведения работ по изучению генетического потенциала дикорастущих плодово-ягодных растений и созданию генофонда нового ассортимента диктуется тем, что вследствие изменения климата, антропогенного воздействия на биоценозы их ареалы резко сокращаются, вплоть до угрозы полного исчезновения. Проведение исследований обусловлено потребностью Казахстана в оценке современного состояния плодово-ягодных растений для решения проблемы продовольственной безопасности, в осуществлении мониторинга для научно-обоснованных охранных мероприятий.

В различных регионах Казахстана существует необходимость развития и создание научно-практических основ региональных коллекционных фондов и питомников, что позволит удовлетворить растущий спрос на устойчивые культуры к определенным почвенно-климатическим условиям плодово-ягодных растений. Ранее исследования касались интродукции инорайонных плодово-ягодных растений в различных регионах Казахстана, при этом видовой состав природной флоры дикорастущих плодово-ягодных растений мало исследован и практически не оценен его ресурсный потенциал.

Нами проведены работы по мобилизации данных о распространении плодово-ягодных растений из родов: *Ribes* L., *Lonicera* L., *Rosa* L., *Crataegus* L., *Hippophae* L. в Центральном Казахстане для размещения на международном портале GBIF.

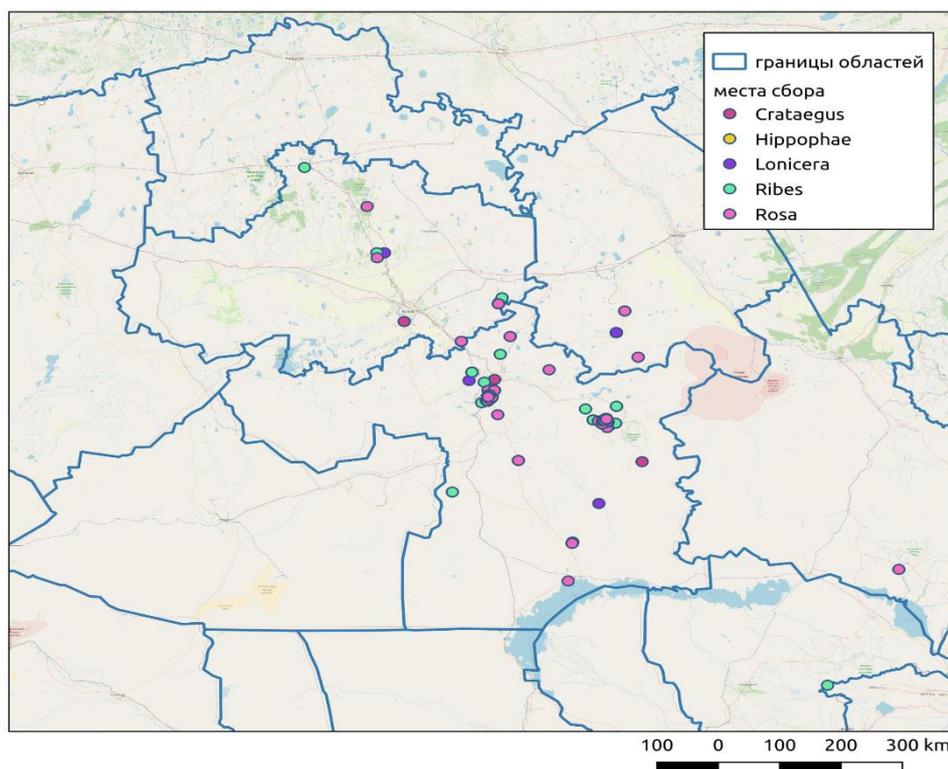
В 2023–2024 гг. были оцифрованы все гербарные этикетки фонда биолого-географического факультета Карагандинского университета им. Е.А. Букетова (акроним QAR). Выяснено, что в фонде хранится 664 листа с представителями целевых родов. Из них 662 образцов собраны на территории Казахстана.

Всего выявлено 35 видов: *Crataegus* – 8 видов (55 листов); *Hippophae* – 1 вид (12 листов); *Lonicera* – 7 видов (164 листа); *Ribes* – 8 видов (180 листов); *Rosa* – 11 видов (251 лист); *Crataegus azarolus* var. *pontica* (Koch) K.I. Chr. – 1 лист (Карагандинская область); *Crataegus chlorocarpa* Lenné & K. Koch – 1; *Crataegus douglasii* Lindl. – 1; *Crataegus laevigata* (Poir.) DC. – 1; *Crataegus orientalis* Pall. ex M. Bieb. – 3; *Crataegus oxyacantha-germanica* Gillot – 4; *Crataegus pinnatifida* Bunge – 2; *Crataegus sanguinea* Pall. – 42; *Hippophae rhamnoides* L. – 12; *Lonicera altaica* Pall. – 1; *Lonicera altmannii* Regel & Schmalh. – 1; *Lonicera micrantha* Trautv. ex Regel – 3; *Lonicera microphylla* Willd. ex Roem. & Schult. – 34; *Lonicera pallasii* Ledeb. – 3; *Lonicera tatarica* L. – 116; *Lonicera xylosteum* L. – 6; *Ribes atropurpureum* C.A. Mey – 2; *Ribes aureum* Pursh – 75; *Ribes hispidulum* (Jancz.) Pojark. – 13; *Ribes nigrum* L. – 50; *Ribes rubrum* L. – 13; *Ribes saxatile* Pall. – 24; *Ribes spicatum* E. Robson – 1; *Ribes uva-crispa* L. – 2; *Rosa acicularis* Lindl. – 60; *Rosa alberti* Regel – 2; *Rosa beggeriana* Schrenk – 1; *Rosa canina* L. – 4; *Rosa chinensis* Jacq. – 2; *Rosa cinnamomea* Kar. &

Kir. ex Déségl., 1874 – 1; *Rosa glabrifolia* C.A. Mey. ex Rupr. – 3; *Rosa laxa* Retz. – 14; *Rosa majalis* Herrm. – 26; *Rosa persica* Michx. ex J.F. Gmel. – 5; *Rosa spinosissima* L. – 133.

Обработанные данные позволили установить места обитания видов плодово-ягодных растений в Центральном Казахстане для проведения полевых обследований и сбора образцов для формирования живой коллекции.

Исследования выполнены в рамках программы BR21882166 «Научно-практические основы воспроизводства, сохранения, использования плодово-ягодных растений природной флоры западного, восточного, центрального и северного Казахстана для обеспечения продовольственной безопасности».



ИЗУЧЕНИЕ ВАРИАБЕЛЬНОСТИ ГЕНА АЛЬДЕГИДОКСИДАЗЫ *AO-A3* У ОТЕЧЕСТВЕННЫХ СОРТОВ ТВЕРДОЙ ПШЕНИЦЫ

А. А. Трифонова¹, К. В. Борис¹, П. Н. Мальчиков², А. М. Кудрявцев¹

¹ Институт общей генетики им. Н.И. Вавилова Российской академии наук, Москва, Россия, aichka89@mail.ru

² Самарский федеральный исследовательский центр Российской академии наук (СамНЦ РАН), Самарский научно-исследовательский институт сельского хозяйства им. Н.М. Тулайкова – филиал СамНЦ РАН, Самарская область, Россия

ALDEHYDOXIDASE *AO-A3* GENE VARIABILITY IN RUSSIAN DURUM WHEAT CULTIVARS

A. A. Trifonova¹, K. V. Boris¹, P. N. Malchikov², A. M. Kudryavtsev¹

¹ Vavilov Institute of General Genetics of the Russian Academy of Sciences, Moscow, Russia, aichka89@mail.ru

² Samara Federal Research Scientific Center of the Russian Academy of Sciences (SamFRSC RAS), Samara Scientific Research Agriculture Institute named after N.M. Tulaykov – branch of the SamFRSC RAS, Samara Province, Russia.

Твердая пшеница (*Triticum durum* Desf.) – это важная продовольственная культура, зерно которой используется для производства высококачественных макаронных изделий (пасты), а также круп. Среди многочисленных показателей качества твердой пшеницы важную роль играет индекс желтизны. Этот параметр напрямую связан с содержанием желтых пигментов (в основном каротиноидов) в зерне твердой пшеницы и уровнем их деградации в процессе переработки. Кроме придания цвета зерну твердой пшеницы и получаемым из него продуктам, каротиноиды также важны для здорового питания человека, так как являются предшественниками витамина А. Индекс желтизны – количественный признак, зависящий от взаимодействия различных ферментов, как синтеза, так и деградации каротиноидов.

Альдегидоксидаза (АО) (EC 1.2.3.1) является одним из ферментов, приводящих к деградации каротиноидов, участвуя в превращении виолаксантина в абсцизовую кислоту. Ранее было показано, что у твердой пшеницы ген *AO-A3* значимо связан с содержанием желтых пигментов в зерне, а также обнаружен SNP в данном гене, влияющий на целевой признак (Colasuonno, 2014, 2017). Идентификация данного SNP у образцов твердой пшеницы позволит быстро выявлять ценные для селекции генотипы, тем самым ускоряя процесс создания новых сортов с высокими значениями индекса желтизны.

Целью работы стала разработка и апробация маркера для идентификации SNP, ассоциированного с индексом желтизны в гене *AO-A3*, а также оценка вариабельности отечественных сортов твердой пшеницы с помощью данного маркера.

Для идентификации целевого SNP (C/T) был выбран хорошо воспроизводимый и доступный метод CAPS-маркирования (Cleaved Amplified Polymorphic Sequences), основанный на электрофоретическом анализе фрагментов рестрикции амплифицированного участка гена. Для разработки CAPS-маркера были подобраны праймеры, фланкирующие область расположения целевого однонуклеотидного полиморфизма и позволяющие амплифицировать фрагмент 635 пн и подобрана рестриктаза *Fau I* (ООО «СибЭнзайм»), сайт узнавания которой включал целевой SNP.

Апробация разработанного маркера была проведена на 50 образцах отечественных сортов твердой пшеницы нескольких селекционных центров, с различным содержанием каротиноидов, включая 42 яровых и восемь озимых сортов из коллекций Самарского Федерального Исследовательского Центра РАН и ИОГен РАН.

В исследуемой выборке было идентифицировано 24 образца с генотипом C/C и 26 –

с генотипом Т/Т, гетерозиготных образцов отмечено не было. Интересно, что все изученные озимые сорта твердой пшеницы имели генотип С/С.

Таким образом, разработанный CAPS-маркер позволяет эффективно детектировать целевой SNP в гене АО-А3. Применение данного маркера для изучения отечественных сортов твердой пшеницы показало, что в изученной выборке встречаются два генотипа с примерно равной частотой.

В настоящее время проводится оценка корреляции данных SNP-генотипирования и значений индекса желтизны изучаемых образцов, которая позволит оценить эффективность применения разработанного маркера в селекции новых сортов пшеницы с высокими показателями качества. Однако следует отметить, что индекс желтизны – сложный комплексный признак, который зависит от множества генов метаболизма каротиноидов, а также условий выращивания, хранения и переработки зерна.

Исследование выполнено при финансовой поддержке гранта РФФИ №23-76-01079.

ПОЛЕВАЯ ВСХОЖЕСТЬ ОБРАЗЦОВ *TRITICUM AESTIVUM* L. ПОСЛЕ СРЕДНЕСРОЧНОГО ХРАНЕНИЯ В ГЕНБАНКЕ ВИР

Г. И. Филипенко¹, Ю. В. Афанасьева², О. Н. Забегаяева¹, Г. Ф. Сафина¹, Е. В. Зуев¹
¹ Федеральный исследовательский центр Всероссийский институт генетических ресурсов растений имени Н.И. Вавилова (ВИР), Санкт-Петербург, Россия, g.filipenko@vir.nw.ru
² Федеральный научный селекционно-технологический центр садоводства и питомниководства, Москва, Россия

FIELD GERMINATION OF *TRITICUM AESTIVUM* L. ACCESSIONS AFTER MEDIUM-TERM STORAGE IN THE VIR GENE BANK

G. I. Filipenko¹, Yu. V. Afanasyeva², O. N. Zabegaeva¹, G. F. Safina¹, E. V. Zuev¹
¹ N.I. Vavilov All-Russian Institute of Plant Genetic Resources (VIR), St. Petersburg, Russia, g.filipenko@vir.nw.ru
² Federal Horticultural Center for Breeding, Agrotechnology and Nursery, Moscow, Russia

В проведенных ранее исследованиях было показано, что после 15–17 лет хранения в Генбанке ВИР при +4 °С (среднесрочное хранение) лабораторная всхожесть некоторых образцов яровой мягкой пшеницы (*Triticum aestivum* L.) падает ниже 40 % (данные не были опубликованы). На основании этих данных при достижении указанного срока хранения образцы изымают из хранилищ и пересевают.

Цель этого исследования – оценить полевую всхожесть образцов яровой мягкой пшеницы после 16–18-летнего хранения и влияние на нее различных факторов: исходных посевных качеств семян, года и места репродукции, а также определить урожайность пересеваемых образцов. Полученные сведения позволят уточнить сроки посева коллекционных образцов яровой мягкой пшеницы.

Работа была выполнена в 2022 г. на полях Отделения генофонда и биоресурсов растений ФГБНУ ФНЦ Садоводства (Михнево, Московская обл.). Полевая всхожесть была оценена глазомерно по балльной шкале: 9 – очень высокая, 7 – высокая, 5 – средняя, 3 – низкая, 1 – очень низкая. Материалом исследования служили 139 образцов яровой мягкой пшеницы, выращенных в 2004–2006 гг. на Дагестанской и Екатерининской опытных станциях ВИР и НПБ «Пушкинские и Павловские лаборатории ВИР». Образцы хранились в Генбанке ВИР при температуре +4 °С в герметичной упаковке – фольговых ламинированных пакетах. Лабораторная всхожесть семян перед закладкой на хранение составляла 75–89 %, энергия прорастания – 11–89 %. Влажность образцов была в интервале 6,7–7,1 %.

Почти половина образцов в опыте имела высокую и очень высокую полевую всхожесть (68 из 139). Чуть больше четверти образцов – среднюю полевую всхожесть (38 из 139). Чуть меньше четверти образцов имели низкую и очень низкую полевую всхожесть (33 из 139). Наибольший процент образцов с высокой всхожестью наблюдался в посевах семян, выращенных в НПБ «Пушкинские и Павловские лаборатории ВИР» – 85,7–100,0 %, а также в посевах семян, выращенных на Дагестанской опытной станции в 2006 г. – 63,6 % (рисунок). Однако выборка по этим локациям была не очень большая.

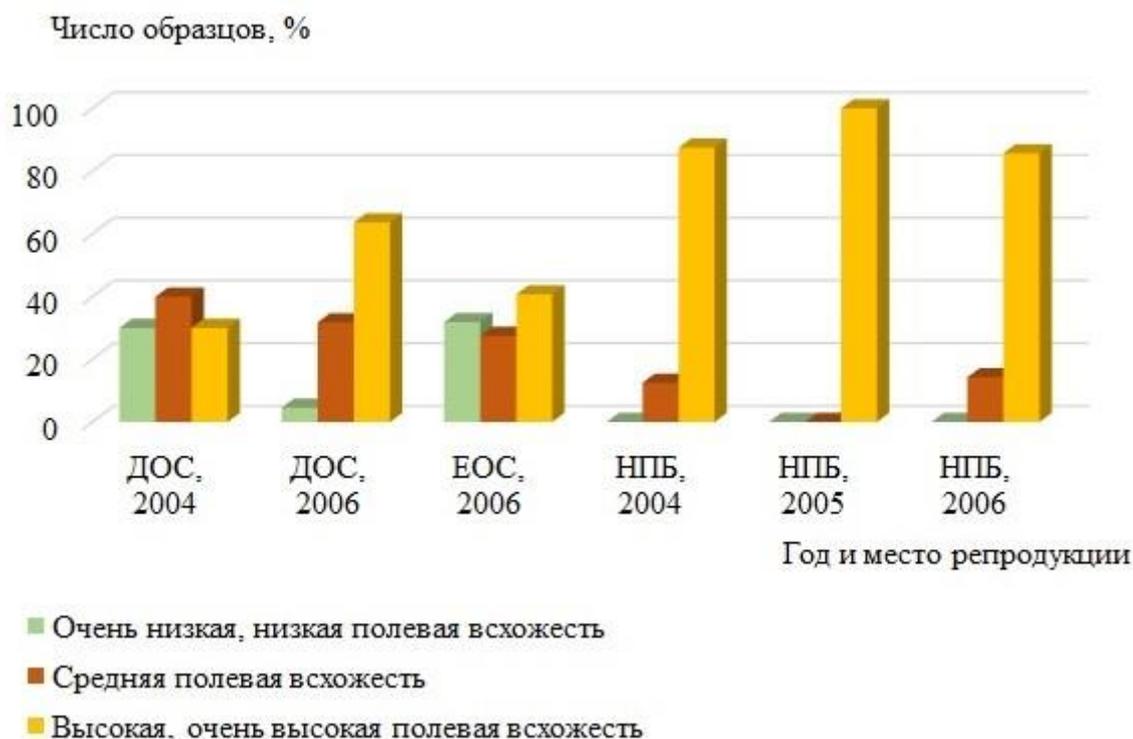


Рисунок. Частота встречаемости образцов с разной полевой всхожестью, определенной по бальной шкале, в посевах семян яровой мягкой пшеницы, выращенных в разных местах и хранившихся 16–18 лет в Генбанке ВИР

Не было обнаружено связи между посевными качествами образцов семян перед закладкой на хранение и их полевой всхожестью после хранения. Например, образцы, имевшие перед хранением низкую энергию прорастания (11–42 %) показали после хранения высокую полевую всхожесть. А образцы с высокой энергией прорастания семян перед хранением (58–89 %) имели все ранги полевой всхожести от очень низкой до очень высокой.

Образцы с очень низкой полевой всхожестью имели урожайность 1,5–8,8 г/м², что, конечно, очень мало для размножения образца яровой мягкой пшеницы. Самую низкую урожайность имели российские образцы: Эритроспермум 874, к-59472 (репродукция Екатеринбургской опытной станции, 2006 г., всхожесть перед закладкой на среднесрочное хранение 86 %) и Н-1704, к-51300 (репродукция Екатеринбургской опытной станции 2006 г., всхожесть перед закладкой на среднесрочное хранение 84 %). Для очень высокой полевой всхожести урожайность варьировала от 279,5 до 150,0 г/м². Самую высокую урожайность имел сорт из США Waverly, к-59066 (репродукция НПБ «Пушкинские и Павловские лаборатории ВИР» 2004 г., всхожесть перед закладкой на среднесрочное хранение 86 %).

В целом можно заключить, что при одинаковых условиях выращивания образцов семян яровой мягкой пшеницы большое влияние на их способность сохранять высокую жизнеспособность при хранении оказывают генотипические особенности образцов. Результаты определения полевой всхожести образцов после хранения позволяют считать, что оптимальная продолжительность среднесрочного хранения яровой мягкой пшеницы в Генбанке ВИР составляет 15 лет.

РАЗРАБОТКА КАЛИБРОВОЧНЫХ МОДЕЛЕЙ ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ СОДЕРЖАНИЯ ЦЕННЫХ БИОХИМИЧЕСКИХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ В СЕМЕНАХ АМАРАНТА

**Т. В. Шеленга, А. Е. Соловьева, В. В. Васипов, В. С. Попов, А. Е. Смоленская,
Д. В. Соколова**

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

DEVELOPMENT OF CALIBRATION MODELS FOR DETERMINING THE CONTENT OF VALUABLE BIOCHEMICAL INDICATORS IN AMARANTH SEEDS

**T. V. Shelenga, A. E. Solovieva, V. V. Vasipov, V. S. Popov, A. E. Smolenskaya,
D. V. Sokolova**

N.I. Vavilov All-Russian Institute of Plant Genetic Resources (VIR), St. Petersburg, Russia, v.popov@vir.nw.ru

Амарант (*Amaranthus* L.) – относительно новая для Российской Федерации сельскохозяйственная культура, обладающая многообещающим потенциалом продуктивности и высоким содержанием белка в семенах и листовой биомассе. Амарант считается «суперпродуктом» благодаря его питательной ценности: содержанию высококачественного белка, ненасыщенных жирных кислот (ЖК), пищевых волокон, флавоноидов, витаминов (тиамин, рибофлавин, аскорбиновая кислота, никотиновая кислота) и минералов (кальций, магний и медь, а также натрий, железо, фосфор, цинк). Комплексное изучение амаранта, развитие его селекции и создание новых сортов является крайне важным направлением для решения проблемы повышения качества пищевой продукции путем использования растительного сырья, обогащенного полезными и высокопитательными сырьевыми компонентами.

Уникальная коллекция амаранта ВИР включает 570 образцов из разных стран мира. Наибольшее распространение в качестве зерновых форм получили виды *A. hypochondriacus* L., *A. caudatus* L., *A. cruentus* L. и *A. tricolor* L.

Метод (БИК) БИК-анализатора типа Matrix-I (Bruker, Германия) основан на зависимости индивидуальных характеристик ИК-спектров от данных, полученных классическими химическими методами. Разработка калибровочных моделей по основным показателям хозяйственной ценности с использованием зернового модуля анализатора делает возможным скрининг большого количества образцов. Использование ИК-калибровочных моделей снижает себестоимость анализа, позволяет сохранить ценный селекционный материал и получать результаты сразу по нескольким значимым параметрам.

Материалом для построения калибровочных моделей послужила выборка из 30 образцов семян зернового амаранта видов: *A. hypochondriacus*, *A. cruentus*, *A. caudatus* из коллекции ВИР. Все образцы семян репродукции 2020 года были выращены в условиях научно-производственной базы «Пушкинские и Павловские лаборатории ВИР».

Биохимический анализ проводили в 2024 году по методикам, принятым в ВИР. Содержание белка определяли по методу Кьельдаля. Белок рассчитывали по общему содержанию азота с использованием коэффициента 6,25. Содержание масла оценивали по массе сухого обезжиренного остатка с использованием аппарата Сокслета. Влажность семян – воздушно-тепловым методом. Жирно-кислотный состав определяли путем разделения метиловых эфиров ЖК на газовом хроматографе Agilent 6850, сопряженным с квадрупольным масс-селективным детектором Agilent 5975B VL MSD. Построение моделей калибровочных кривых осуществляли с помощью программного обеспечения OPUS Software.

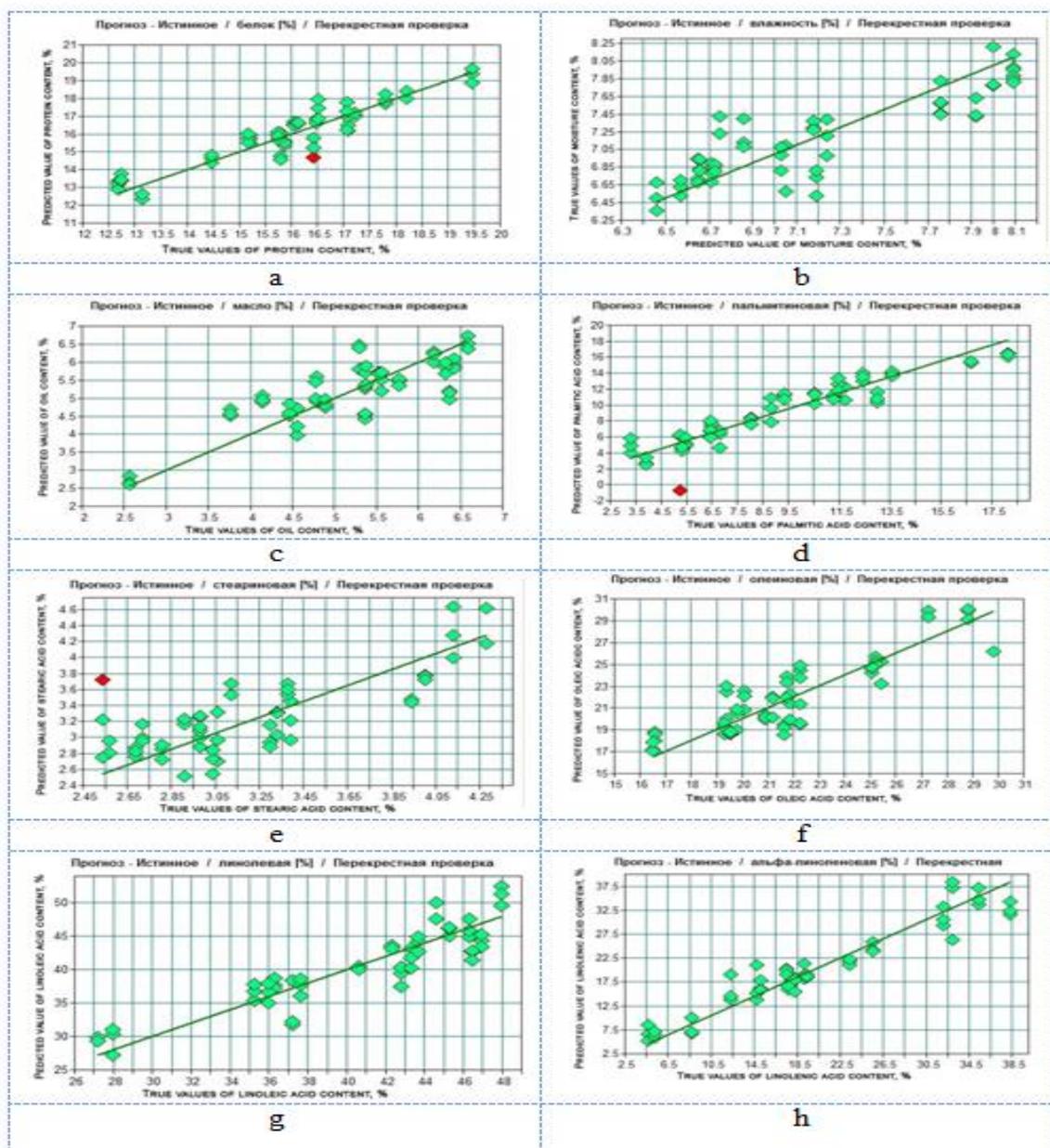


Рисунок. График предсказанных значений содержания белка (а), влаги (b), масла (с), пальмитиновой (d), стеариновой (e), олеиновой (f), линолевой (g), α -линоленовой кислот (h) (ось Y) по сравнению с истинными значениями (ось X) (по: Шеленга и др., 2025)

Калибровочные модели, полученные на ИК-анализаторе MATRIX-I (BRUKER, Германия) с помощью программного обеспечения OPUS LAB для измерения содержания белка, влажности, пальмитиновой, олеиновой кислот позволяют проводить массовый скрининг данных хозяйственно ценных показателей семян амаранта из коллекции ВИР с точностью до 1,5 %, что дает возможность оперативно определить направление использования конкретных генотипов и сохранить ценный семенной материал. Модели, разработанные для количественного определения масла, стеариновой, линолевой и α -линоленовой кислот нуждаются в доработке.

Работа выполнена при финансовой поддержке проекта РФН № 24-26-00218 от 29.12.2023 «Взаимосвязь содержания сквалена в семенах зернового амаранта с анатомо-морфологическими характеристиками и биохимическими показателями в условиях Северо-Запада РФ».

**ГЕНЕТИЧЕСКОЕ РАЗНООБРАЗИЕ ЛИНИЙ ОЗИМОЙ РЖИ
(*SECALE CEREALE* L.) КОЛЛЕКЦИИ ИНСТИТУТА ГЕНЕТИКИ И ЦИТОЛОГИИ
НАН БЕЛАРУСИ**

**В. Е. Шимко, И. С. Гордей, О. М. Люсиков, О. С. Матиевская, В. С. Мандрусова,
А. В. Соколюк, Т. Е. Варфоломеева**

Институт генетики и цитологии Национальной академии наук Беларуси, Минск, Беларусь,
Shymko@mail.ru

**GENETIC DIVERSITY OF WINTER RYE LINES (*SECALE CEREALE* L.) FROM THE
COLLECTION OF THE INSTITUTE OF GENETICS AND CYTOLOGY, NAS OF
BELARUS**

**V. E. Shymko, I. S. Gordej, O. M. Lyusikov, O. S. Matieuskaya, V. S. Mandrusova,
H. V. Sakaliuk, T. E. Varfalameyeva**

Institute of Genetics and Cytology of the National Academy of Sciences of Belarus, Minsk,
Belarus, Shymko@mail.ru

Проведены комплексные исследования мужски стерильных (МС) форм и инбредных линий озимой диплоидной ржи коллекции ИГЦ НАН Беларуси с помощью современных цитогенетических, биохимических и молекулярно-генетических методов. Показано, что мужски стерильные формы и инбредные линии различаются по рисунку С-бэндинга хромосом. В кариотипе МС-форм выявлено уменьшение гетерохроматиновых блоков по сравнению со стандартом (Sybenga, 1983). Наибольший интерес представляют различающиеся по рисунку дифференциальной окраски хромосом гомозиготные, инбредные линии ржи, у которых отмечается стабильное наследование С-блоков в потомстве. Линия 51-16 имела мелкие блоки гетерохроматина в спутнике ядрышкообразующей хромосомы 1R и на теломере короткого плеча хромосомы 6R. Линия 37-13 характеризовалась увеличенным блоком теломерного гетерохроматина на длинном плече хромосомы 7R/2R.

МС-формы и инбредные линии идентифицированы по наличию определенных типов спектра, частоте встречаемости и особенности экспрессии генов запасных белков семян (секалинов) в геноме ржи. Общим для спектра секалина исследуемых форм являлось наличие фракций, характерных для проламинов ржи – β , γ , и ω с четким расположением компонентов в пределах каждой фракции. Изменчивость спектра секалина была связана в основном с компонентами β и γ зон, что связано с различным генетическим происхождением. В ω зоне четко представлены компоненты ω_{234} , $\omega_{234\gamma 5}$, кодируемые транслоцированным локусом хромосомы 1R. Мужски стерильные формы генетически неоднородны. Инбредные линии характеризовались специфичностью и однородностью электрофоретических спектров секалина в поколениях (In5–In15).

Проведено ДНК-типирование инбредных линий озимой ржи для идентификации компонентов системы цитоплазматической мужской стерильности (ЦМС) G- и P-типов и генам восстановления фертильности. Для идентификации типа ЦМС у коллекционных линий использовали праймеры к локусам митохондриальной ДНК (*cox1*, *nad6*, *nad2*), маркирующим мутантные гены P- и G-типа ЦМС. С помощью праймеров к локусу *cox1* и *nad6* детектировали источники P-типа ЦМС, с помощью праймеров к локусу *nad2*–G-типа, которые отжигаются непосредственно в мутирующей области локусов. В связи с чем линии P- / G-типа ЦМС определяются по наличию у них соответствующего продукта амплификации (*nad6* – P-тип, *nad2* – G-тип). Отсутствие продуктов амплификации по обоим локусам свидетельствует об отсутствии в них мутаций ЦМС и, следовательно, нормальной цитоплазмы у исследуемых образцов. В результате исследований для десяти МС-линий детектирован G-тип ЦМС, двух – идентифицирован P-тип ЦМС. У всех инбредных линий

выявлена нормальная (N) цитоплазма, что свидетельствует об их фертильности и, как следствие, эффективности технологии ДНК-типирования по генам системы ЦМС. Для идентификации генов восстановления фертильности использовали специфические к данным генам кодоминантные молекулярные маркеры TC256739 (*Rfp1*) и SCP16M58 (*Rfp2*), разработанные В. Наскаuf (2012) и S. Stracke (2003) соответственно. Выделено 16 линий, несущих ген *Rfp2*. Ген *Rfp1* не был обнаружен ни в одной линии. Для оценки эффективности подобранных маркеров необходимо тестирование выделенных линий на восстановительную способность в полевых условиях. По результатам полевой оценки на закрепительную способность (ЗС) было выделено 12 линий, не имеющих гены восстановления фертильности. На их основе была создана коллекция инбредных МС-линий (МС-форма + ЗС-форма), являющихся материнским компонентом гибридов F₁.

Выполнены скрещивания доноров ЦМС и инбредных линий озимой ржи, что позволило выделить высокопродуктивные гибриды, а также закрепители стерильности (S/rf) и восстановители фертильности (N/Rf). Как показали результаты наших исследований, создание гетерозисных гибридов F₁ с использованием ЦМС Р- и G-типов, и современных популяционных сортов и коллекционных инбредных линий позволило достичь высокого уровня восстановления фертильности пыльцы и эффекта гетерозиса по зерновой продуктивности. Таким образом, проведенные исследования способствуют получению новой информации о структурной организации геномов злаков и особенности их экспрессии.

СОЗДАНИЕ ИСХОДНОГО МАТЕРИАЛА ЛУКА ВЕТВИСТОГО (*ALLIUM RAMOSUM* L.) В УСЛОВИЯХ УРАЛО-СИБИРСКОГО РЕГИОНА

Е. В. Шишкина¹, Е. В. Одерова²

¹ ООО «Гетерозисная селекция», Миасс, Россия, elen4a_70@mail.ru

² Федеральный научный центр овощеводства (ФНЦО), Западно-Сибирская овощная опытная станция – филиал ФНЦО, Барнаул, Россия, elenaoderova@yandex.ru

DEVELOPMENT OF SOURCE MATERIAL FOR *ALLIUM RAMOSUM* L. UNDER THE CONDITIONS OF THE URAL-SIBERIA REGION

E. V. Shishkina¹, E. V. Oderova²

¹ Geterozisnaya Seleksiya LLC, Miass, Russia, elen4a_70@mail.ru

² Federal Scientific Vegetable Center (FSVC), West Siberian Vegetable Research Station – branch of the FSVC, Barnaul, Russia

Расширение ассортимента овощных культур является стратегической задачей, т. к. в мировой практике утвердилось положение, что овощи – мощнейший регулятор здоровья населения, особенно остро это звучит в XXI веке на фоне глобальной урбанизации и индустриализации общества. Подавляющее большинство россиян употребляют в пищу только 6–10 видов овощных культур. Для сравнения в Японии количество употребляемых видов составляет 160–200.

Исправить существующее положение возможно введением в культуру и широким использованием многолетних видов луковых культур. В трудах А. Ф. Агафонова отмечено, что на территории России произрастает около 200 видов луковых культур, из которых культивируется лишь около 5 %. Почти 100 лет назад, в 1930 году, русский этнограф А. Н. Харузин настоятельно рекомендовал не упускать возможности использования диких луков в народном хозяйстве. Однако при всей очевидной пользе многих дикорастущих видов луков, их до сих пор невозможно считать достаточно внедренными в культуру.

В нашей стране лук ветвистый входит в число наиболее распространенных многолетних луков, наряду с луком-батуном, лукри-шниттом, луком многоярусным и луком-слизуном.

Лук ветвистый (душистый) имеет много названий, которые в какой-то мере определяют его особенности. Его называют лук ветвистый, лук пахучий китайский, джусай, жусай, чуцхай, горный, полевой чеснок. А. А. Казакова, описывая этот вид в «Культурной флоре СССР» (1978), называет его лук душистый *A. odorum* L. и приводит синонимы: *A. ramosum* L., *A. tuberosum* Roxb., *A. chinense* Maxim. Большинство ботаников склоняется к объединению этих видов в один – лук ветвистый *A. ramosum* L.

В практическом овощеводстве этот многолетний вид лука не получил большого распространения, но в любительском овощеводстве с каждым годом востребованность его возрастает. Интерес к луку ветвистому обусловлен многоцелевым использованием данной культуры: пищевым, лекарственным, медоносным и декоративным.

К причинам малораспространенности культуры является отсутствие адаптированных к условиям выращивания сортов и отсутствие семян.

В задачи исследований входило изучение генетической коллекции по признакам, определяющим хозяйственную ценность генофонда, создание исходного материала, выявление перспективного для дальнейшей работы, с целью создания новых сортов для расширения сортимента лука душистого, пригодного для семеноводства в условиях Урало-Сибирского региона.

Исследования перспективных клонов лука ветвистого проводились в 2011–2023 гг. в условиях лесостепи Приобья Алтайского края и лесостепи северо-запада Челябинской области.

При проведении работы руководствовались методиками общепринятыми в овощеводстве и селекции.

Испытание исходного и селекционного материала проводили вне полей севооборота на неорошаемом участке при повторных посадках луковых культур. Стандартом служил сорт лука ветвистого – Пикантный. В качестве исходного материала использовали 10 сортообразцов лука ветвистого.

Трудности семеноводства лука ветвистого связаны с продолжительной фазой генеративного развития (до 4 месяцев). По нашим наблюдениям цветение в отдельные годы прерывается наступлением отрицательных температур и выпадением снега. В это время на растении наблюдаются только что появившиеся цветоносы, бутоны, цветущие и отцветшие соцветия, семена в разной степени спелости. В пределах соцветия ярусность цветения также выражена. На одном соцветии имеются как цветущие, так и отцветшие цветки, а также семена в молочной, восковой и полной спелости.

Таким образом, ремонтантность цветения приводит к многократному сбору семян, при этом не все семена, сформированные на растении, успевают вызреть, что приводит к недобору урожая.

Среди сортообразцов исходного материала отмечены существенные различия в прохождении фаз генеративного развития.

Характерный для данного вида длительный период образования генеративных побегов и цветения наиболее ярко проявился у 66 % образцов.

Отсутствие генеративных органов и слабое стрелкование отметили у 27 % сортообразцов, в популяциях которых застрелковалось от 20 до 35 % растений.

Признак ремонтантности генеративной сферы не выражен у 11 % образцов, которые отличались дружным, ранним цветением и созреванием семян.

В результате переопыления образцов в питомнике исходного материала, пересева и многократного клонового отбора, применяя метод аналитической селекции, нами был выделен перспективный образец № 59. Данный образец характеризуется ранним и дружным прохождением этапов органогенеза. Период от массового отрастания листьев до начала хозяйственной годности составляет 38–42 дня. Имеет полупрямостоячую розетку листьев, высотой до 60 см. Листья зеленые с восковым налетом средней интенсивности, плоские, узколинейные. Средняя длина листа – до 39 см, ширина – 1 см. На одном побеге формируется 6-7 листьев. Вкус листьев – слабоострый, слабочесночный. Товарную луковицу не образует. Срезку зелени начинают со второго года выращивания. Зеленые листья сохраняют высокие вкусовые качества и нежную консистенцию до поздней осени. Зимостойкость высокая. Период от отрастания листьев до созревания семян составил 120 дней. В первой декаде сентября заканчивали уборку, цветущих растений отмечено не было, все семена вызревали.

По результатам испытаний, в среднем за два года, товарная урожайность зеленых листьев за одну срезку составляет 1,7 кг/м² против 1,5 кг/м² у стандарта; за вегетационный период – 3,5 кг/м², (2,9 кг/м² у стандарта). Показатели качества листьев (содержание сухого вещества, витамина С) у перспективного находятся на уровне стандартного сорта Пикантный. Содержание витамина С (в среднем за два года) в листьях составило 51,65 мг%, по сравнению с 52,6 мг% у стандартного сорта Пикантный. Содержание сухого вещества – 10,26 % и 10,50 % соответственно.

Содержание сахаров у стандартного сорта Пикантный (4,5 %) превышает показатели перспективного образца (3,0 %).



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



Национальный центр
генетических ресурсов
растений



ПРЕЗИДЕНТСКАЯ
БИБЛИОТЕКА



МЕРОПРИЯТИЕ № 2. РАСШИРЕНИЕ ГЕНЕТИЧЕСКОГО РАЗНООБРАЗИЯ: ФУНДАМЕНТАЛЬНЫЕ И ПРИКЛАДНЫЕ АСПЕКТЫ – ПОСВЯЩАЕТСЯ 125-ЛЕТИЮ СО ДНЯ РОЖДЕНИЯ Г. Д. КАРПЕЧЕНКО

EVENT No. 2. EXPANDING GENETIC DIVERSITY: FUNDAMENTAL AND APPLIED ASPECTS – DEDICATED TO THE 125TH BIRTHDAY OF G. D. KARPECHENKO



Георгий Дмитриевич Карпеченко (1899–
1941).



Группа сотрудников и аспирантов отделов генетики
и цитологии. Во втором ряду Г.А. Левицкий (2-й слева), далее:
Г.Д. Карпеченко, В.А. Поддубная-Арнольди, А.Н. Лутков.
[1939 г. или 1940 г.] (Архив ВИР)



ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ И ПРИКЛАДНЫЕ АСПЕКТЫ ОТДАЛЕННОЙ ГИБРИДИЗАЦИИ У ПОДСОЛНЕЧНИКА (*HELIANTHUS* L.)

И. Н. Анисимова, А. В. Любченко, В. А. Гаврилова

Федеральный исследовательский центр Всероссийский институт генетических ресурсов растений имени Н.И. Вавилова (ВИР), Санкт-Петербург, Россия, irina_anisimova@inbox.ru

THEORETICAL AND APPLIED ASPECTS OF INTERSPECIFIC HYBRIDIZATION IN SUNFLOWER (*HELIANTHUS* L.)

I. N. Anisimova, A. V. Lyubchenko, V. A. Gavrilova

N.I. Vavilov All-Russian Institute of Plant Genetic Resources (VIR), St. Petersburg, Russia, irina_anisimova@inbox.ru

Однолетний культурный подсолнечник (*Helianthus annuus* L., $2n = 34$) имеет узкую генетическую основу, что определяет необходимость расширения его генетического разнообразия. В 1935–1938 гг. сотрудник Майкопской опытной станции ВИР Н. А. Щибря впервые сформулировал практические цели межвидовой гибридизации у подсолнечника: «исправление иммунитета» *H. annuus* за счет высокоустойчивого к болезням многолетнего гексаплоидного *H. tuberosus* (топинамбур, $2n = 102$), а также создание многолетнего подсолнечника, дающего вегетативную массу, клубни и семена. Один из тетраплоидных гибридов *H. tuberosus* × *H. annuus* ($2n = 68$) с 1935 г. поддерживается в жизнеспособном состоянии на Майкопской опытной станции – филиале ВИР (рисунок).



Рисунок. F_1 (*Helianthus tuberosus* × *H. annuus*) = Топинсолнечник, $2n = 68$

Результаты анализа конъюгации хромосом в мейозе гибрида *H. tuberosus* × *H. annuus* позволили предположить, что один из трех геномов *H. tuberosus* принадлежит однолетнему диплоидному виду, а два других – многолетним представителям рода *Helianthus* (Kostoff, 1939). Эта гипотеза подтверждена данными современных геномных исследований (Wang et al., 2024). Схема геномного состава рода *Helianthus* впервые предложена А. В. Анащенко (1980).

Несовместимость при скрещиваниях, а также стерильность гибридов препятствуют эффективному использованию в селекции генетического потенциала многолетних диких видов, являющихся источниками комплексной устойчивости к болезням и вредителям подсолнечника. Для преодоления нескрещиваемости *H. annuus* с многолетними видами

Helianthus использованы различные приемы: подбор пар, воздействие термошоками, предварительное вегетативное сближение, многократное опыление, удвоение числа хромосом, биотехнологические методы. Существенный вклад в селекцию подсолнечника на групповой иммунитет методом отдаленной гибридизации внесли работы, выполненные во Всероссийском НИИ масличных культур. Г. В. Пустовойт (1966), впервые удалось получить устойчивые к патогенам межвидовые гибриды культурного подсолнечника с диплоидными и полиплоидными многолетними видами. На их основе создан ряд сортов, характеризующихся высокой масличностью, устойчивостью к болезням. В ВИР в 1990–2000-х гг. получена серия интрогрессивных линий однолетнего подсолнечника – производных скрещиваний ЦМС-линий *H. annuus* с образцами многолетних видов, а также их потомств от анализирующих скрещиваний со стерильной материнской формой (Gavrilova et al., 1998; Гаврилова, Анисимова, 2003). Они отличаются фенотипической однородностью и характеризуются комплексом ценных биологических признаков, предположительно полученных от многолетнего родителя. Уже в F₁ у гибридов отмечена стабилизация числа хромосом на диплоидном уровне, независимо от пloidности отцовского вида (Гаврилова и др., 2006). Результаты молекулярно-генетических исследований свидетельствовали о том, что производные межвидовых скрещиваний *H. annuus* с многолетними дикими видами, представляют частичные, или «асимметричные» гибриды, в геноме которых преобладает генетический материал культурного подсолнечника (Faure et al., 2002). Данные сравнительного анализа полиморфизма запасного белка семян гелиантинина – одного из признаков, связанных с синдромом доместикиции у подсолнечника, а также амплифицированных фрагментов ДНК, позволяют предполагать, что изменчивость межвидовых гибридов подсолнечника носит неслучайный характер, обусловлена реорганизацией генома под влиянием «геномного шока», индуцированного межвидовой гибридизацией, может быть связана с активацией мобильных генетических элементов (Анисимова и др., 2009; Bonchev, Vassilevska-Ivanova, 2019).

Среди наиболее значимых достижений отдаленной гибридизации у подсолнечника в последние десятилетия следует отметить и получение новых источников ЦМС, а также генов восстановления фертильности пыльцы (*Rf*). В литературе сообщается о 72 источниках, подавляющее большинство которых получено на основе отдаленной гибридизации. При создании промышленных гибридов подсолнечника используется преимущественно один источник – ЦМС РЕТ1, полученный из межвидового гибрида *H. petiolaris* × *H. annuus* (Leclercq, 1969). Использование новых источников ЦМС позволяет избежать опасности эпифитотий, связанных с унификацией типа цитоплазмы. Природа генов *Rf*, продукты которых супрессируют фенотип ЦМС у подсолнечника, механизмы восстановления фертильности изучено недостаточно. Известно, что в селекции гибридов подсолнечника широко используется главный ген *Rf1*, локализованный на хромосоме 13. Помимо *Rf1*, группа сцепления 13 содержит большое число генов хозяйственно ценных признаков (устойчивости к ржавчине, ложной мучнистой росе), интрогрессированных из геномов диких видов (*H. tuberosus*, *H. argophyllus*). Все они (включая *Rf1*) находятся внутри сложных локусов, включающих большое число генов-кандидатов. Идентификация гаплотипов в локусах *Rf* (прежде всего, *Rf1*) необходима для разработки эффективных аллель-специфичных маркеров. Трудности при решении этой задачи связаны большой протяженностью геномного района, содержащего гены-кандидаты, внутрихромосомными перестройками, сопровождавшими интрогрессии, а также пониженной рекомбинацией в районах, содержащих чужеродные гены.

Работа выполнена в рамках Государственного задания согласно тематическому плану ВИР по проекту № FGEM-2022-0005 «Растительные ресурсы масличных и прядильных культур ВИР как основа теоретических исследований и их практического использования».

СЕЛЕКЦИЯ КАПУСТЫ РАЗНЫХ РАЗНОВИДНОСТЕЙ В ФЕДЕРАЛЬНОМ НАУЧНОМ ЦЕНТРЕ ОВОЩЕВОДСТВА

Л. Л. Бондарева

Федеральный научный центр овощеводства, Одинцово, Россия, lyuda_bondareva@mail.ru

BREEDING OF DIFFERENT CABBAGE VARIETIES AT THE FEDERAL SCIENTIFIC VEGETABLE CENTER

L. L. Bondareva

Federal Scientific Vegetable Center, Odintsovo, Russia, lyuda_bondareva@mail.ru

Капуста является важной овощной культурой, по уровню потребления твердо занимает третье место после хлеба и картофеля. Широкому распространению капусты способствуют очень ценные хозяйственные качества: высокая урожайность, наличие форм с различной продолжительностью вегетационного периода, хорошая лежкость, устойчивость к низким температурам и высокая транспортабельность. Благодаря таким качествам создается возможность снабжать капустой разных разновидностей население круглый год.

В настоящее время в мире наблюдается тенденция смены сортов капустных культур гетерозисными гибридами F_1 , которые по своим качественным и количественным показателям во многом превосходят сорта и являются более конкурентоспособными.

Для производственных целей существуют различные методы получения гибридных семян капустных культур.

Самонесовместимость. Гибридизация самонесовместимых инбредных линий базируется на том, что растения не образуют семян от переопыления внутри линии, но хорошо скрещиваются с растениями другой линии, что позволяет получить гибридные семена. Размножение и поддержание родительских линий производится гейтеногамным опылением бутонов вручную. С использованием метода самонесовместимости в ФНЦО создана серия уникальных гибридов капусты разных разновидностей различных групп спелости: белокочанной – F_1 Аврора, F_1 Снежинка, F_1 Лира; савойской – F_1 Елена, кольраби – F_1 Соната, брюссельской – F_1 Созвездие, брокколи – F_1 Спарта.

Цитоплазматическая мужская стерильность (ЦМС) – явление полной или частичной стерильности растений, возникающее при наличии особой мутации в митохондрионе, т. е. в геноме митохондрий, фертильность растений восстанавливается полностью или частично при наличии доминантного аллеля ядерного гена-восстановителя фертильности. Использование при семеноводстве F_1 гибридов материнских форм с цитоплазматической мужской стерильностью исключает самоопыление и наличие сибсов в партиях гибридных семян. На основе ЦМС нашли широкое распространение гибриды: F_1 Зарница, F_1 Северянка, F_1 Мечта, F_1 Ликова – капусты белокочанной; F_1 Лиловое чудо – китайской.

Биотехнологические методы. Среди таких технологий ведущее место занимает культура изолированных микроспор *in vitro*, которая не только обеспечивает гомозиготность получаемых удвоенных гаплоидов (ДН-линий), но и способствует расширению спектра формообразования генетических рекомбинантных форм, в том числе с рецессивными признаками. Получение стабильных гомозиготных линий из популяции облегчает поиск редких генотипов. В основе технологии лежит способность микроспор переходить с гаметофитного пути развития на спорофитный под действием стрессовых факторов (повышенная температура, высокое осмотическое давление и т. д.). При соответствующих условиях такие микроспоры начинают делиться по спорофитному типу, образуя эмбриоиды. С использованием современных методов селекции созданы гибриды капусты белокочанной – F_1 Натали, кольраби – F_1 Добрыня, китайской – F_1 Памяти Поповой.

Созданные гибриды капусты селекции ФНЦО выращивают на полях фермерских хозяйств в Республике Марий Эл, в Костромской, Псковской, Московской и других областях нашей страны, а для селекционеров они могут служить оригинальным исходным материалом для ведения направленной селекции по капусте.

РОЛЬ Г. Д. КАРПЕЧЕНКО В РАСШИРЕНИИ ГЕНЕТИЧЕСКОГО РАЗНООБРАЗИЯ КУЛЬТУРНЫХ РАСТЕНИЙ

М. А. Вишнякова¹, Н. П. Гончаров²

¹ Федеральный исследовательский центр Всероссийский институт генетических ресурсов растений имени Н.И. Вавилова (ВИР), Санкт-Петербург, Россия,
m.vishnyakova.vir@gmail.com

² Федеральный исследовательский центр Институт цитологии и генетики Сибирского отделения Российской академии наук (ИЦиГ СО РАН), Новосибирск, Россия

G. D. KARPECHENKO'S CONTRIBUTION TO THE EXPANSION OF CROP GENETIC DIVERSITY

M. A. Vishnyakova¹, N. P. Goncharov²

¹ N.I. Vavilov All-Russian Institute of Plant Genetic Resources (VIR), St. Petersburg, Russia,
m.vishnyakova.vir@gmail.com

² Institute of Cytology and Genetics of the Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences (IC&G SB RAS), Novosibirsk, Russia

Георгий Дмитриевич Карпеченко пришел в Отдел прикладной ботаники и новых культур (ОПБиНК – будущий ВИР) в 1925 г. после окончания обучения в Московском сельскохозяйственном институте (МСХИ). Несмотря на молодость, он уже имел большой опыт научно-исследовательской работы в области отдаленной гибридизации растений, освоил методы цитологических и сравнительно-кариологических исследований, позволивших ему изучить хромосомные наборы у представителей нескольких десятков видов растений. Основным объектом исследований Карпеченко были межродовые гибриды редьки с капустой (*Raphanus sativus* L. × *Brassica oleracea* L.), получение которых впоследствии принесло ему мировую славу. Н. И. Вавилов хорошо знал работы молодого ученого, взяв на себя своего рода опеку над ним.

ОПБиНК которое возглавлял Н. И. Вавилов, в то время был уже широко известным и авторитетным учреждением и, по сути, штабом научного растениеводства страны со штатом в 325 сотрудников и коллекцией более 100 тыс. образцов. Лучшими умами российских биологов в 1910–1920 гг. все больше овладевали идеи менделизма, вопросы наследственности и изменчивости. Менделизм получал все большую популярность как консолидирующая идеология формирующегося селекционного сообщества. В ОПБиНК уже накопилось множество данных по изучению образцов коллекции в разных географических пунктах, которые требовали анализа и синтеза. Н. И. Вавилов остро осознавал необходимость иметь в Отделе высококвалифицированного специалиста, который мог бы возглавить генетические исследования. Таким специалистом Н. И. Вавилов счел 26-летнего Г. Д. Карпеченко. Ему было поручено создать лабораторию генетики, призванную стать по выражению Н. И. Вавилова «основной методической лабораторией». Это означало, что Георгию Дмитриевичу предстояло сформировать ключевое подразделение института, разработать его тематику в контексте целей и задач института и организовать научные взаимоотношения с другими отделами.

В числе задач, которые Н.И. Вавилов ставил перед институтом был и «синтез новых форм, не существующих в природе» (Vavilov, 1924–1925). В соответствии с этим Г. Д. Карпеченко формулирует задачи лаборатории генетики: теоретическое обоснование и экспериментальное использование новых методов создания селекционного материала, его всестороннее цитогенетическое изучение и дальнейшее использование в практической работе по селекции важнейших сельскохозяйственных культур. Основными темами исследования в его лаборатории становятся отдаленная гибридизация и цитогенетика отдаленных гибридов – продолжение уже начатых им работ, преодоление

нескрещиваемости растений, экспериментальный мутагенез.

Исследования по отдаленной гибридизации остаются одними из наиболее результативных и интересных направлений работы отдела генетики: *«Овладеть отдаленной гибридизацией с целью создания новых форм, совмещающих признаки, рассеянные по разным видам и родам, представляется весьма заманчивым»* (Карпеченко, 1934. С. 41).

Уже в первые годы работы лаборатории (1928–1929 гг.) общее число изученных гибридов было: по ячменю – 70 тыс. растений, по межрасовым гибридам пшениц – более 2 тыс. F₁ и 15 тыс. F₂ гибридов и т. д. В Детском Селе под генетическими посевами было занято 0,45 га земли, 11 полутеплых парников и оранжерея на 1800 сосудов. Сотрудники лаборатории осуществляли посевы в других географических пунктах: в Азербайджане, совхозе Мосземотдела и Средне-Азиатском отделении института. Через пару лет после создания лаборатории генетики ее методы, в частности широкое использование отдаленной гибридизации, были подхвачены специалистами института по целому ряду культур: зерновых, масличных, бахчевых, плодовых и ягодных.

В лаборатории Г. Д. Карпеченко были начаты пионерные работы по экспериментальному мутагенезу: воздействие на растения γ -лучами, токами высокой частоты, химическими веществами, в частности, колхицином и др. Это привело к массовому получению полиплоидных растений путем удвоения числа хромосом. Были получены интересные в практическом отношении полиплоидные формы томата, картофеля, льна и ряда других культур.

Гибридизации эгилопсов с пшеницами и с рожью привела к получению новых, не существующих в природе видов злаков, пониманию филогении исследуемых родов и познанию цитогенетических механизмов эволюции. Проводили работы по получению амфиплоидов у видов хлопчатника (А. С. Каспарян), созданию тетраплоидной свеклы (А. У. Хоменко). В 1937 г. в отделе был получен тетраплоидный масличный лен и начаты скрещивания между тетраплоидным ячменем и пшеницей для «улучшения зерна и соломы» у первого.

Г. Д. Карпеченко и С. А. Щавинской были получены авто- и аллополиплоиды у разных видов культурных растений: капусты, гороха, тетраплоидные томаты и полиплоидная рожь. На производственный уровень вышли посевы тетраплоидной семенной формы герани.

Сам Г. Д. Карпеченко в последние годы своей работы в ВИР занимался гибридизацией географически отдаленных форм (разновидностей) ячменя и выделил ценные для производства шестирядные, безостые и др. формы этой культуры, которые должны были вскоре пройти сортоиспытание.

Большому фонду новых форм растений, полученных в институте, посвящены обзоры Г. Д. Карпеченко в изданиях «Теоретические основы селекции растений»: «Теория отдаленной гибридизации» и «Экспериментальная полиплоидия и гаплоидия».

ИНТРОГРЕССИЯ В ГЕНОМ *SOLANUM TUBEROSUM* L. ГЕНЕТИЧЕСКОГО МАТЕРИАЛА ДИКИХ ДИПЛОИДНЫХ МЕКСИКАНСКИХ ВИДОВ ИЗ ТРЕТИЧНОГО ГЕНПУЛА КАРТОФЕЛЯ

Т. А. Гавриленко¹, Г. И. Пендинен¹, О. Ю. Антонова¹, Т. О. Макарова¹, Р. Тиме²

¹ Федеральный исследовательский центр Всероссийский институт генетических ресурсов растений имени Н.И. Вавилова (ВИР), Санкт-Петербург, Россия, tatjana9972@yandex.ru

² Julius Kühn-Institut – Bundesforschungsinstitut für Kulturpflanzen (JKI), Кведлинбург, Германия

INTROGRESSION OF ALIEN GENETIC MATERIAL FROM WILD DIPLOID MEXICAN SPECIES OF THE TERTIARY GENEPOOL INTO THE GENOME OF *SOLANUM TUBEROSUM* L.

T. A. Gavrilenko¹, G. I. Pendinen¹, O. Yu. Antonova¹, T. O. Makarova¹, R. Thieme²

¹ N.I. Vavilov All-Russian Institute of Plant Genetic Resources (VIR), St. Petersburg, Russia, tatjana9972@yandex.ru

² Julius Kuehn Institute – Federal Research Centre for Cultivated Plants (JKI), Quedlinburg, Germany

Все клубнеобразующие виды рода *Solanum* относятся к секции *Petota*, которая, по оценкам разных систематиков, включает от 111 до 235 видов. Около 70 % видов этой секции – диплоиды и более 30 % – полиплоиды. Представления о геномном составе видов картофеля формировались на основе результатов цитогенетических исследований спаривания хромосом в мейозе видов и гибридов, методах *in situ* гибридизации хромосом, результатах секвенирования однокопийных ядерных генов. Геномом А обладают отдельные дикорастущие южноамериканские виды, а также все культивируемые виды, включая возделываемый картофель *Solanum tuberosum* (геномная формула AAAA), относящиеся к первичному геному пулу картофеля (GP1). К вторичному геному пулу (GP2) относят подавляющее большинство южноамериканских диких видов, а также полиплоидные мексиканские виды картофеля различного геномного состава.

Дикие диплоидные мексиканские виды картофеля, несущие В-геном (геномная формула ВВ), относят к третичному геному пулу (GP3); гибридизацию этих видов с *S. tuberosum* осложняют барьеры пре- и/или постзиготической несовместимости. Эти дикие виды обладают устойчивостью к *Phytophthora infestans*, к разным видам тли и ряду вирусов, устойчивостью к галловым нематодам, колорадскому жуку и к другим вредным организмам. Известны единичные примеры успешной межвидовой гибридизации ‘GP3 видов’ с *S. tuberosum* с помощью видов-посредников с последующей эмбриокультурой. Однако чаще диплоидные В-геномные виды вовлекаются в гибридизацию с сортами картофеля с использованием методов слияния протопластов. Синтезированные соматические гибриды между *S. tuberosum* и ‘GP3 видами’ в основном стерильны, фертильные формы получены в небольшом числе работ. В возвратных скрещиваниях (BC) соматических гибридов с сортами картофеля происходит элиминация хромосом дикорастущего родителя, поэтому успех интрогрессивной гибридизации в значительной степени определяется уровнем гомеологического спаривания хромосом. В то же время, особенности взаимодействия А- и В-геномов картофеля и потенциал межгеномной рекомбинации до последнего времени фактически не изучались.

В докладе будут представлены итоги многолетнего российско-немецкого сотрудничества по межвидовой гибридизации возделываемого картофеля *S. tuberosum* с дикими диплоидными мексиканскими В-геномными видами из третичного генопула: *S. bulbocastanum*, *S. pinnatisectum*, *S. tarnii*.

Материалом исследований послужили межвидовые соматические гибриды и их потомство из трех комбинаций слияния протопластов: *S. tuberosum* (AAAA) (+) *S. bulbocastanum* (BB), *S. tuberosum* (AAAA) (+) *S. tarnii* (BB) и *S. tuberosum* (AAAA) (+) *S. pinnatisectum* (BB), полученные и охарактеризованные ранее в совместных немецко-русских исследованиях с доктором Р. Тиме (Thieme et al., 1997; Gavrilenko, Thieme, 1998; Thieme et al., 2004, 2008, 2010).

Методы молекулярной цитогенетики (GISH и FISH с 18/25S рДНК) были использованы в изучении геномного состава и гомеологичного спаривания хромосом интрогрессивных форм из ВС₁ – ВС₅ поколений возвратных скрещиваний фертильных межвидовых соматических гибридов с сортами картофеля. Для отбора перспективных интрогрессивных форм также использовали методы молекулярного скрининга с ДНК-маркерами, ассоциированными с генами, контролирующими устойчивость к вредным организмам – *P. infestans* (маркеры генов: *Rpi-blb1*, *Rpi-blb3*, *R3a*, *R3b*, *R8*), а также с маркерами гена *RMc1(blb)*, контролирующего устойчивость к колумбийской галловой нематоде.

В результате GISH анализа установлен геномный состав около 40 интрогрессивных форм из ВС₁ – ВС₅ поколений. Геномный состав соматических гибридов (AAAABB) и гибридов поколения ВС₁ (AAAAB) соответствовал теоретически ожидаемому. У гибридов поколений ВС₂ – ВС₅ отмечена элиминация хромосом В-генома диких видов.

С использованием методов молекулярной цитогенетики впервые исследован потенциал мейотической межгеномной рекомбинации хромосом А- и В-геномов у гибридов разных поколений. Результаты GISH анализа свидетельствуют об относительно высоком уровне гомеологичного спаривания хромосом. Так, у соматического гибрида *S. tuberosum* (+) *S. tarnii* частота гомеологичных хромосомных ассоциаций в мейозе составляет 4,75 в среднем на клетку; у гибрида ВС₁ из комбинации *S. tuberosum* (+) *S. bulbocastanum* – 3,20 гомеологичных ассоциаций в среднем на клетку. У всех изученных гибридов поколений ВС₃–ВС₅ из комбинаций *S. tuberosum* (+) *S. tarnii* и *S. tuberosum* (+) *S. pinnatisectum*, несущих по одной хромосоме генома В, выявлены гомеологичные ассоциации хромосом с частотой 0,2–0,8 в среднем на клетку. Таким образом, даже в случае сохранения у гибридов высоких ВС поколений единичных хромосом дикого вида, сохраняется вероятность межгеномного спаривания и межгеномной рекомбинации. Можно заключить, что несмотря на быструю элиминацию хромосом В-генома в поколениях ВС₃ – ВС₅ межвидовых соматических гибридов, потенциал межгеномного спаривания хромосом и рекомбинации достаточно высокий, что указывает на перспективы интрогрессивной гибридизации. В результате проведенных GISH- и FISH-анализов в ВС потомстве межвидовых соматических гибридов выделены генотипы с рекомбинантными хромосомами и моносомные дополненные линии.

В потомстве гибридов отобраны фертильные интрогрессивные формы, несущие ДНК-маркеры, ассоциированные с генами, участвующими в контроле устойчивости к *Ph. infestans* – *Rpi-blb1*, *Rpi-blb3*, *R3a*, *R3b*, *R8*, а также маркеры гена *RMc1(blb)*, контролирующего устойчивость к колумбийской галловой нематоде. Перспективные интрогрессивные формы вовлекаются в дальнейшие молекулярно-генетические исследования, в фитопатологический анализ, а также в селекционный процесс.

Подробнее – см. статью: <https://doi.org/10.3390/agronomy13071809>

ЗИГОТИЧЕСКАЯ ПОЛИПЛОИДИЗАЦИЯ ЗАКИСЬЮ АЗОТА КАК ЭФФЕКТИВНЫЙ МЕТОД СОЗДАНИЯ ГЕНОФОНДА ТЕТРАПЛОИДНОЙ РЖИ (*SECALE CEREALE* L.)

И. С. Гордей, О. М. Люсиков, В. Е. Шимко

Институт генетики и цитологии Национальной академии наук Беларуси, Минск, Беларусь,
I_Gordej777@mail.ru

ZYGOTIC POLYPLOIDIZATION WITH NITROUS OXIDE AS AN EFFECTIVE METHOD FOR PRODUCING TETRAPLOID RYE (*SECALE CEREALE* L.)

I. S. Gordej, O. M. Lyusikov, V. E. Shymko

Institute of Genetics and Cytology of the National Academy of Sciences of Belarus, Minsk,
Belarus, I_Gordej777@mail.ru

Рожь посевная (*Secale cereale* L.) является одной из важнейших зерновых культур, возделываемых в Восточной и Северной Европе. В Республике Беларусь посевные площади ржи установились на уровне 250–300 тыс. га. Рожь характеризуется способностью давать высокие урожаи при выращивании в условиях стресса окружающей среды, то есть при низких температурах, засухе и низком плодородии почв. Рожь широко используется на хлебопекарные и кормовые цели, из нее получают спирт, крахмал, биоэтанол, биогаз и др.

В Беларуси возделываются сорта диплоидной ($2n = 14$) и тетраплоидной ($2n = 28$) ржи. Тетраплоидная рожь имеет ряд преимуществ перед диплоидной, таких как бóльшая устойчивость к полеганию за счет утолщения стебля и снижения на 10–15 % его длины, более высокое (на 0,6–2,2 %) содержание белка в зерне, пониженное содержание антипитательных веществ (5-алкилрезорцинолов и пентозанов) и более высокий потенциал продуктивности за счет увеличения на 25–30 % массы 1000 зерен. Основным недостатком тетраплоидной ржи является ее пониженная в сравнении с диплоидной озерненность колоса (на 10–15 %).

За последние 20–30 лет произошло снижение посевных площадей тетраплоидной ржи в Беларуси. Если в 80–90-е годы прошлого века на долю тетраплоидных сортов приходилось порядка 90 % в структуре посевных площадей этой культуры, то в последние годы удельный вес сократился до 25 %, что связано со снижением интенсивности работ по созданию тетраплоидной ржи в республике и, как следствие, существенным обеднением генофонда исходного материала для селекции. Прежде всего это обусловлено трудоемкостью создания тетраплоидных форм ржи традиционным методом колхицинирования. В силу его низкой эффективности (около 5 %) получаемые тетраплоидные формы происходят от единичных диплоидных растений, что существенно ограничивает генетический потенциал и разнообразие создаваемых на их основе тетраплоидных сортов-популяций, а также увеличивает продолжительность и трудозатраты на селекционный процесс.

Отработанный нами метод зиготической полиплоидизации закисью азота (N_2O) является более высокоэффективным (выход тетраплоидов ~50 %) для создания тетраплоидных форм ржи в сравнении с колхицинированием. Благодаря высокой эффективности он позволяет создавать тетраплоидные формы на базе большого числа диплоидных растений, что увеличивает генетическое разнообразие получаемых тетраплоидных популяций для селекции.

В период с 2010 г. по 2024 г. в Институте генетики и цитологии НАН Беларуси с применением этого метода создано 16 новых форм тетраплоидной ржи на основе как лучших белорусских диплоидных сортов, так и коммерческих немецких гибридов F_1 . Эффективность полиплоидизации в наших исследованиях составила от 3,9 % до 86,0 % при

среднем значении 49,4 %. Общая схема создания тетраплоидной ржи представлена на рисунке.



Рисунок. Схема создания зиготических тетраплоидов ржи (*Secale cereale* L.)

Применение закиси азота в качестве полиплоидизирующего агента обеспечивает высокий выход хромосомно сбалансированных тетраплоидов, поскольку закись азота воздействует на первое деление зиготы. Цитологический анализ на примере трех сортов и гибрида F_1 показал, что частота 28-хромосомных растений в первом поколении составляла 90,3-100 %. Анеуплоиды были обнаружены в потомстве тетраплоидных растений сортов Алькора (1,4 %) и Зарница (6,7 %) и наибольшее количество – у гибрида F_1 Плиса (9,7 %), которые были представлены растениями с 27 и 29 хромосомами.

На основе переведенных на тетраплоидный уровень форм созданы и районированы три сорта озимой тетраплоидной ржи: Белая Вежа (2014), Росана (2019), Каменя-16 (2021). Сорт Каменя-16 в настоящее время является контролем в Госсортоиспытании Республики Беларусь. В 2025 г. завершится Государственное испытание тетраплоидного сорта Купалинка, будет принято решение о возможности его районирования.

Таким образом, благодаря отработке высокоэффективного метода зиготической полиплоидизации закисью азота (N_2O) в Беларуси удалось существенно расширить генофонд исходного материала для селекции и создать ряд высокоурожайных и короткостебельных тетраплоидных сортов озимой ржи.

ОТДАЛЕННАЯ ГИБРИДИЗАЦИЯ В СЕЛЕКЦИИ КЛОНОВЫХ ПОДВОЕВ КОСТОЧКОВЫХ КУЛЬТУР РОДА *PRUNUS* L.

В. Г. Еремин, О. В. Еремина

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

REMOTE HYBRIDIZATION IN THE CLONAL ROOTSTOCK BREEDING OF STONE FRUIT CROPS FROM THE GENUS *PRUNUS* L.

V. G. Eremin, O. V. Eremina

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

Сотрудниками станции проведению более 20 экспедиций по сбору дикорастущих форм и примитивных сортов косточковых растений, и благодаря обмену растительным материалом с научными учреждениями России и ряда других стран, на Крымской ОСС ВИР сосредоточен генофонд рода *Prunus* L. в объеме свыше 5000 генотипов.

В следствии его изучения и использования на основе применения отдаленной гибридизации, пришли к необходимости в рассмотрении эволюции видов рода *Prunus* при межвидовой гибридизации. Межвидовая гибридизация между представителями рода *Prunus* была определяющим фактором на всех этапах его эволюционного развития. Наряду с возникновением вида и приспособлением его к меняющимся условиям внешней среды обитания, отдаленная гибридизация способствовала увеличению проявления изменчивости и предоставляла огромное количество образцов для естественного отбора, лучшего приспособления к преодолению воздействий экстремальных факторов среды, что было неизбежно при миграции видов *Prunus* в новые регионы при их освоении.

Применять межвидовую гибридизацию на практике в селекционной работе возможно лишь с углубленным изучением факторов и выделением исходных доноров и источников хозяйственно ценных признаков из разнообразия косточковых растений. Данная работа и проводится на Крымской ОСС.

Отдаленная гибридизация, включая и интрогрессивную, сыграла огромную роль в формировании сортового разнообразия всех косточковых культур, привела к возникновению новых гибридогенных видов, дикорастущих тетраплоидных видов, выделяющихся на территориях с более жесткими природными условиями – с температурным и водным стрессами – зонах степей и лесов, с «крайними» условиями существования, их использование в селекции очень перспективно, и позволило получить серию новых сортов и подвоев косточковых культур, многие из которых внесены в Госреестр селекционных достижений, допущенных к использованию в РФ

Современные технологии интенсивного типа по возделыванию косточковых культур потребовали создания клоновых подвоев. Для этого использовались источники селекционно значимых признаков, необходимых для таких подвоев, выделенные из генофонда косточковых растений на Крымской ОСС с признаками:

- легкого укоренения одревесневшими черенками: *P. serrulata* – Н. Jolivetto; *P. lannesiana* – Л 2, *P. mahaleb* – Каменск-16, 18, *P. glandulosa* – все образцы, *P. pumila* – все образцы, *P. × dasycarpa* – Черный Бархат и др.;
- слаборослости – *P. kurilensis*, *P. incisa*, *P. davicensis*, *P. nipponica*, *P. fruticosa*, *P. canescens*, *P. tenella*, *P. pumila*, *P. incana*, *P. microcarpa*, *P. spinosa*;
- устойчивость к почвенным патогенам – *P. davidiana*, *P. cerasifera*.

В селекции косточковых растений с использованием отдаленной гибридизации необходимо учитывать особенности проявления несовместимости и наследования ценных признаков гибридным потомствам.

Однако положительные признаки у этих генотипов сочетаются с отрицательными, что делает необходимым проведение предварительной селекции или подбора компонентов скрещивания, позволяющего в гибридном потомстве выделять генотипы, сочетающие только положительные признаки. Поэтому до настоящего времени использовались из имеющихся в генофонде лишь немногие геноносители положительных признаков, необходимые клоновым подвоям.

В результате межвидовой гибридизации сотрудниками станции получена серия клоновых подвоев для косточковых культур, различающихся по силе роста, устойчивости и другим биологическим и производственным показателям, что позволило рекомендовать лучшие сорто-подвойные комбинации с учетом особенностей почвы и климата тех участков, где они используются в производственных насаждениях.

Новые клоновые подвои, совместимые с сортами нескольких косточковых культур, хорошо переносят неблагоприятные условия произрастания: Кубань 86, Бест и ВСВ 1 устойчивы к хлорозу, ВВА 1, Эврика 99, Зарево – к переувлажнению почвы, ВСВ 1, Кубань 86, ВСЛ 2, РВЛ 9 и Бастион – устойчивы к засухе, ВВА 1, Дружба, Упрямец и Бест – к морозам и т. д. Все клоновые подвои отличаются продуктивностью привитых на них сортов и имеют различную силу роста.

Новые сорта и клоновые подвои, выведенные путем межвидовых скрещиваний, обладают большой адаптивностью и представляют интерес для использования в различных регионах России и зарубежных стран.

**МАРКЕР-ОПОСРЕДОВАННАЯ ИНТРОГРЕССИЯ ГЕНА *RPI-STO1*
УСТОЙЧИВОСТИ К ФИТОФТОРОЗУ ОТ *SOLANUM STOLONIFERUM* SCHLTDL
ET BOUCHET В СЕЛЕКЦИОННЫЙ МАТЕРИАЛ**

А. П. Ермишин¹, А. В. Левый², А. С. Агеева¹, Е. В. Воронкова¹, О. Н. Гукасян¹

¹ Институт генетики и цитологии Национальной академии наук Беларуси, Минск,
Беларусь, Ermishin@igc.by

² Полесский аграрно-экологический институт Национальной академии наук Беларуси,
Брест, Беларусь

**MARKER-ASSISTED INTROGRESSION OF THE *RPI-STO1* GENE FOR LATE
BLIGHT RESISTANCE FROM *SOLANUM STOLONIFERUM* SCHLTDL ET
BOUCHET INTO BREEDING MATERIAL**

A. P. Yermishin¹, A. V. Levy², A. S. Ageeva¹, E. V. Voronkova¹, O. N. Gukasian¹

¹ Institute of Genetics and Cytology of NAS of Belarus, Minsk, Belarus, Ermishin@igc.by

² The Polesie Agrarian Ecological Institute of the National Academy of Sciences of Belarus,
Brest, Belarus

Дикий аллотетраплоидный вид картофеля *Solanum stoloniferum* Schldtl, et Bouchet рассматривают как ценный источник генов устойчивости к фитофторозу, крайней устойчивости к вирусам PVY, PVX, PVA и PVV, а также устойчивости к бактериальным болезням и вредителям картофеля. В частности, значительный интерес для селекции представляет ген *Rpi-sto1*, который является функциональным гомологом известного гена *Rpi-blb1* устойчивости к фитофторозу дикого диплоидного вида картофеля *S. bulbocastanum*. *Rpi-blb1* рассматривают как ген широкого спектра действия, определяющего высокую устойчивость к фитофторозу, не имеющую расовой специфичности, так как ген *Avr-blb1* фитофторы присутствует в большинстве изолятов *P. infestans* по всему миру.

Считается, что *S. stoloniferum* легче, чем *S. bulbocastanum* вовлечь гибридизацию с культурным картофелем. Некоторые ценные гены *S. stoloniferum*, прежде всего, устойчивости к PVY, нашли применение в селекции. Однако используется лишь ограниченный генофонд этого вида, что связано с наличием ряда репродуктивных барьеров, затрудняющих его интрогрессию в геном культурного картофеля. Основная проблема – принадлежность *S. stoloniferum* и *S. tuberosum* к разным группам скрещиваемости в отношении постзиготного барьера, обусловленного так называемым балансовым числом эндосперма (EBN): первый относят к 4x (2EBN), а второй – к 4x (4EBN) видам. Кроме того, гибридизация сопряжена с односторонней несовместимостью, при которой гибридные семена удается получить только при использовании дикого вида в качестве материнской формы, а полученные гибриды характеризуются мужской стерильностью, связанной с цитоплазмой типа W/γ дикого вида. Геномные различия между *S. stoloniferum* (геномный состав AABB) и *S. tuberosum* (AAAA), могут затруднять интрогрессию ценных генов, локализованных на субгеноме В, из-за нарушений в мейозе межвидовых гибридов.

Целью настоящего исследования было выделить с помощью ДНК-маркеров в коллекции образцов *S. stoloniferum* носители гена *Rpi-sto1*, разработать и реализовать технологию, позволяющую осуществить маркер-опосредованную интрогрессию этого гена в селекционный материал, получить перспективные для селекции мужски фертильные гибриды.

Образец *S. stoloniferum* PI 205522 был выделен нами по результатам изучения 26 образцов этого вида, полученных из генетического банка по картофелю NRSP-6, США. Установлено, что он является носителем ДНК-маркеров ряда генов устойчивости к фитофторозу, прежде всего гена *Rpi-sto1*, а также *R2* и *R3b*, нескольких генов

устойчивости к PVY (*Ryadg*, *Rysto*, *Ryche*), устойчивости к раку картофеля (*Sen2*). Отсутствие расщепления по маркерам у потомства от самоопыления PI 205522 свидетельствует о гомозиготном состоянии *Rpi-sto1*. Сиквенс фрагмента маркера 1521/518 PI 205522 показал его гомологию (99 %) с известными последовательностями гена *Rpi-sto1* *S. stoloniferum* и *Rpi-blb1* *S. bulbocastanum* образцов этих видов, имеющих высокую устойчивость к фитофторозу. Образец *S. stoloniferum* PI 205522 характеризовался в условиях Беларуси высокой полевой устойчивостью к фитофторозу, имел высокую интенсивность цветения и был способен формировать функционально фертильную пыльцу.

Для преодоления односторонней несовместимости, характерной для скрещиваний с *S. stoloniferum*, использовали оригинальные S_vS_v -линии, которые представляют собой гибриды F_2 между дигаплоидами *S. tuberosum* и самосовместимым диким диплоидным видом *S. verrucosum*. Они мужски фертильны и имеют цитоплазму типа D. Так как S_vS_v -линии гомозиготны по S_v -гену от *S. verrucosum*, они не образуют пестичных S-РНКаз, и благодаря этому их использование в скрещиваниях позволяет устранить презиготную несовместимость. В результате опыления S_vS_v -линий пыльцой *S. stoloniferum* PI 205522 было получено 12 жизнеспособных семян триплоидных гибридов. Геном семян был удвоен при помощи колхицина, в результате чего образовались гексаплоиды (F_1), которые формировали фертильную пыльцу и семена от самоопыления.

Для получения первых поколений беккрасса межвидовых гибридов на культурный картофель (под контролем соответствующих ДНК-маркеров и с учетом данных о полевой устойчивости к фитофторозу) использовали сорта Katahdin (получение BC_1) и Quarta (получение BC_2). Отобранные по маркерам и результатам полевых испытаний гибриды BC_2 были вовлечены в гибридизацию с сортами картофеля Свитанок Киевский, Янка, Уладар как в качестве материнских форм, так и опылителей. В результате в BC_3 выделен ряд урожайных семян с признаками культурного картофеля и высокой полевой устойчивостью к фитофторозу, несущих маркеры гена *Rpi-sto1*, а также других генов устойчивости к болезням и вредителям.

Наибольший интерес для селекции представляет гибрид IGC 18/161.32 (Янка \times BC_2). Его основные характеристики: среднепоздний, куст прямостоячий, интенсивность цветения высокая, мужски фертильный; клубневая продуктивность до 2,5 кг с куста. Клубни овальные, мякоть светло-желтая, не темнеет в сыром виде и после варки, тип BC, вкусовые качества отличные. Содержание сухого вещества в клубнях 23,8 %, крахмала – 20,4 %. Высокоустойчив к фитофторозу и вирусам. У него представлены ДНК-маркеры генов: устойчивости к фитофторозу *Rpi-sto1*, нематоды *H1*, PVY *Ryadg*. С участием IGC 18/161.32 получены гибриды с рядом сортов картофеля. По результатам полевых испытаний первой клубневой репродукции гибридов в условиях сильной эпифитотии фитофтороза 2024 г. выделен ряд семян, высокоустойчивых к патогену, с признаками культурного картофеля и относительно высокой продуктивностью (более 1500 г клубней с куста).

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ В ГИБРИДИЗАЦИИ ИСТОЧНИКОВ ЦЕННЫХ ПРИЗНАКОВ, ВЫЯВЛЕННЫХ СРЕДИ ВИДОВОГО РАЗНООБРАЗИЯ КАРТОФЕЛЯ

Н. М. Зотеева

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

SOURCES OF VALUABLE TRAITS IDENTIFIED AMONG THE POTATO SPECIES DIVERSITY AND THEIR USE IN HYBRIDIZATION

N. M. Zoteyeva

N.I. Vavilov All-Russian Institute of Plant Genetic Resources (VIR), St. Petersburg, Russia, zoteyeva@rambler.ru

Картофель продолжает играть важную роль в производстве продуктов питания. Современные требования к сортам картофеля наряду с агрономическими характеристиками предусматривают комплексную и групповую устойчивость к патогенам. Селекция на устойчивость продолжалась с переменным успехом с внедрением устойчивости гермоплазмы растений диких видов *Solanum* L., которая началась в начале XX века. Более 70 % диких клубненосных сороричей картофеля являются диплоидами, в то время как большинство культивируемых сортов картофеля являются тетраплоидами с четырьмя наборами хромосом ($2n = 4x = 48$), что чрезвычайно усложняет целенаправленную селекцию по определенным признакам.

Высокая потенциальная ценность ряда видов для повышения устойчивости картофеля к фитофторозу (возбудитель *Phytophthora infestans* (Mont.) de Bary) подтверждается ее чрезвычайно высоким уровнем устойчивости в полевых условиях. Устойчивость к золотистой картофельной нематоды (ЗКН) является одной из наиболее важных характеристик сортов картофеля. У вирус картофеля (УВК) также остается очень серьезной проблемой в большинстве стран-производителей картофеля. Виды рода *Solanum*, являющиеся незаменимыми в качестве источников высокой и длительной устойчивости к различным патогенам и вредителям, уже входят в родословные многих сортов.

Выделенные нами источники высокой устойчивости к *P. infestans*, принадлежащие к мексиканским видам с высокой устойчивостью к *P. infestans* в сочетании с устойчивостью к трем (тетраплоидный *Solanum neoantipoviczii* Buk.) и двум (гексаплоидный *S. guerreroense* Cogn.) штаммам УВК, использованы в гибридизации. Скрещивания *S. neoantipoviczii* были успешными в комбинациях с растениями диких видов *S. berthaultii* Hawk., *S. kurtzianum* Bitt. et Wittm., *S. papita* Rydb., *S. ruiz-ceballosii* Card. и гибрида *S. microdontum* Bitt. × *S. tarijense* Hawk., а также культурных – *S. phureja* Juz. et Buk. и *S. tuberosum* L. Небольшое число семян на одну ягоду (12,2) получено только в скрещиваниях с растениями вида *S. kurtzianum* и несколько большее (35,5) – с растениями *S. berthaultii*. В остальных комбинациях их число составило от 50,4 до 106,6. Образец *S. neoantipoviczii* к-8505 может быть успешно использован в межвидовой гибридизации за счет фертильности большинства его гибридных потомств. В результате его гибридизации с сортом 'Аврора' получены гибридные растения, с наличием одновременно маркеров генов: *R1* и *R2-like* устойчивости к фитофторозу, *Rysto* устойчивости УВК и *H1* – устойчивости к ЗКН; три маркера (*R2-like*, *Rysto* и *H1*) найдены у всех 26 сеянцев из популяции этого гибрида.

S. guerreroense успешно скрещивали с культурным тетраплоидным видом *S. tuberosum* subsp. *andigenum* Juz. et Buk. и разными селекционными гибридными клонами и сортами *S. tuberosum*. В гибридных популяциях наблюдали полиморфизм со значительным преобладанием устойчивых растений. Отобранные клоны сохраняют высокую устойчивость к фитофторозу уже на протяжении более 10 лет. У них отмечено

большое число клубней с растения, обладающих хорошими агрономическими характеристиками.

В последнее время в Северо-Западном регионе РФ появилась новая угроза урожаю картофеля – зимующий в этой зоне колорадский жук. В наших исследованиях устойчивость к колорадскому жуку установлена у *S. microdontum* и *S. guerreroense*, Гибридные потомства этих видов проявляли устойчивость к вредителю в поле в отличие от гибридов с *S. neoantipoviczii*.

Большое значение для сортов, выращиваемых в северных районах, имеет раннеспелость. Исследовали процесс формирования клубней у образцов, поддерживаемых клонами, в последних числах июля при поддержании их в горшечной культуре в условиях северо-запада РФ. Некоторые образцы видов *S. kurtzianum* успевали формировать репродукцию зрелых клубней уже к концу июля – началу августа. У части сортов картофеля со временем наблюдается снижение числа сформировавшихся клубней и общей урожайности, так называемое «старение», возникающее при вегетативном размножении. Нами проведен анализ длительности периодов непрерывного репродуцирования клубнями у 90 диких видов картофеля. Высокая продолжительность этого периода отмечена у образцов *S. kurtzianum* и *S. tarijense* (в среднем 12–15 лет, у некоторых образцов в течение всего периода наблюдений – 23 года), в то время как у образцов фитофтороустойчивого *S. microdontum* только 3 года. С целью объединения полезных признаков, найденных у этих видов, был получен гибрид *S. microdontum* × *S. tarijense*, успешно формирующий клубни в условиях продолжительного светового дня. У клонов этого гибрида в лабораторных опытах найдена устойчивость к ЗКН. Он был вовлечен нами в дальнейшую гибридизацию. *S. kurtzianum* стал родителем многоклубневого гибрида (30–40 с одного растения) с компактным гнездом, ранним сроком созревания и устойчивостью к потемнению сырой мякоти клубня.

РОД × *TRITITRIGIA* TZVEL. И ДРУГИЕ ПШЕНИЧНО-ПЫРЕЙНЫЕ ГИБРИДНЫЕ ФОРМЫ, ВКЛЮЧЕННЫЕ В КОЛЛЕКЦИЮ ВИР

О. П. Митрофанова, Г. И. Пендинен, А. Г. Хакимова, К. М. Абдуллаев

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

GENUS × *TRITITRIGIA* TZVEL. AND OTHER WHEAT-WHEATGRASS HYBRID FORMS INCLUDED IN THE VIR COLLECTION

O. P. Mitrofanova, G. I. Pendinen, A. G. Khakimova, K. M. Abdullaev

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

Для эффективного использования коллекции озимой мягкой пшеницы ВИР в ее составе формируются различные «целевые» наборы образцов, по типу стержневых коллекций, для углубленных исследований и селекции. Особое место среди них занимают образцы с генетическим материалом от представителей родов *Aegilops* L., *Secale* L., *Thinopyrum* A. Löve. В данном сообщении рассмотрены образцы, содержащие генетический материал пырея, в том числе относящиеся к искусственно созданному роду × *Trititrigia* Tzvel. (Цвелев, 1976). Всего в коллекции озимой мягкой пшеницы ВИР имеется 163 образца с генетическим материалом пырея, образцы происходят из 12 стран мира.

Цели работы: (1) с использованием методов геномной *in situ* гибридизации протестировать выборку из 35 образцов на наличие генетического материала пырея; (2) на полях НПБ «Пушкинские и Павловские лаборатории ВИР» и Дагестанской опытной станции (ДОС) – филиала ВИР провести оценку образцов этой выборки из числа новых поступлений; (3) на основе данных, полученных в результате изучения пшенично-пырейных форм, а также собранной о них и других образцах с генетическим материалом пырея информации раскрыть структуру их генетического разнообразия.

Материалом для цитогенетического изучения послужили 13 образцов, включенных в коллекцию ВИР в 1946–1998 гг., шесть промежуточных пшенично-пырейных гибридов, полученных из Главного ботанического сада имени Н. В. Цицина РАН (Россия), и 16 образцов из СИММИТ-Турция, которые были созданы в Китае, США, Франции, Мексике, России с участием разных видов пырея. Образцы двух последних групп – новые поступления в коллекцию ВИР, они были оценены также в поле.

Для идентификации хромосом различных геномов пшеницы и пырея использовали методы флуоресцентной и геномной *in situ* гибридизации (FISH-GISH). GISH-анализ проводили, взяв за основу стандартные методики (Leitch et al., 1994; www.ksu.edu/wgrc/). ДНК образцов *Triticum aestivum*, *Thinopyrum intermedium*, *T. elongatum* метили методом Nick-трансляции. В пробах для гибридизации с целью идентификации генетического материала пырея использовали меченую ДНК *T. intermedium* или *T. elongatum* и в качестве блокирующей ДНК *Triticum aestivum* либо дифференциально меченые ДНК пырея и пшеницы. Для образца к-68024 ‘OK7211542’ из США на препарате после GISH проводили репробинг с меченой последовательностью 18S/25S рДНК зонда VER17 (Yakura, Tanifuji, 1983). Полевое изучение и оценку признаков растений образцов осуществляли по методикам, принятым в ВИР. Для выявления структуры генетического разнообразия выборки пшенично-пырейных форм, представленных в коллекции озимой мягкой пшеницы ВИР, собрана информация об их генетическом разнообразии, сформирована база данных и проведен ее анализ.

Из 13 образцов, включенных в коллекцию ВИР до 1998 г., наличие в геноме хромосом пырея подтверждено для к-47987 ‘Отрастающая 38’, к-47028 ‘Отрастающая 1345’ и к-62734 ‘Истра 1’. В первых двух случаях выявлены 56-хромосомные октаплоиды

с 42 хромосомами пшеницы и 14 пырея. У к-62734 'Истра 1', при наличии в геноме не менее 10 хромосом пырея среди 42 хромосом пшеницы, обнаружена пара хромосом с терминальной интрогрессией генетического материала этого рода. Все пшенично-пырейные формы, впервые привлеченные в коллекцию ВИР, как из России (к-68003–к-68005, к-68007–к-68009), так и из СИММИТ-Турция (к-68010–к-68025), были также 56-хромосомными амфидиплоидами (рисунок). Образцы к-68013 'Agrotana' и к-68014 '11955' из США имели 16 хромосом пырея и около 40 хромосом пшеницы, а к-68024 'OK7211542' и отобранная из него линия к-68025, наряду с 14 хромосомами пырея содержали пару рекомбинантных хромосом пшеницы. Репробинг препарата образца к-68024 с использованием меченой 18/25S рДНК показал, что рекомбинантной является сателлитная хромосома 5D, чужеродный фрагмент, гибридизующийся с ДНК пырея, локализован терминально в длинном плече.

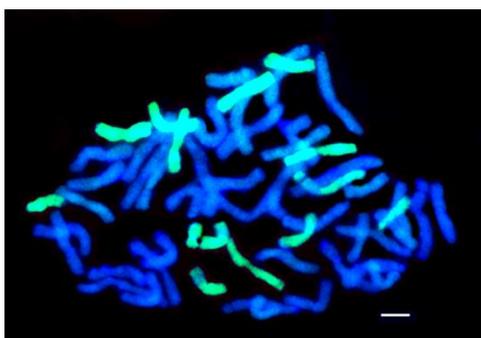


Рисунок. Результаты GISH-анализа к-68020 Zhong 3 (линия 2) с меченой ДНК пырея *Thinopyrum intermedium*, в качестве блокирующей использована ДНК пшеницы *Triticum aestivum*: выявлено 14 хромосом пырея (зеленая метка) и 42 хромосомы пшеницы (DAPI). Шкала = 5 μ m

Проведенное в 2018, 2019 и 2021 г. в условиях Северо-Кавказского и Северо-Западного регионов РФ полевое изучение образцов с генетическим материалом пырея показало, что, согласно Широкому унифицированному классификатору СЭВ рода *Triticum* L. (1989), они различаются по высоте растений, длине колоса, числу колосков и зерен в колосе, масса зерна с колоса у них в основном очень малая или средняя. В кластерном анализе (индекс сходства – Евклидово расстояние, классификация методом Уорда) по сходству проявления изученных признаков в условиях Северо-Западного региона образцы объединились в две группы, каждая из них состояла из двух подгрупп. В одной группе преобладали российские формы, в другой – зарубежные. На полях ДОС ВИР многие образцы оказались устойчивыми к мучнистой росе, бурой, желтой или стеблевой ржавчинам. Из них групповую устойчивость к возбудителям перечисленных болезней проявили к-68014, к-68021, к-68022, к-68024.

У целого ряда образцов из России и Казахстана с названиями, указывающими на то, что это пшенично-пырейные гибриды, и с родословными, содержащими пырей или пшенично-пырейные формы, GISH-анализ не выявил генетический материал пырея. Возможно, хромосомы таких образцов имеют небольшие чужеродные интрогрессии, размер которых ниже разрешающей способности метода. Анализ собранной информации об образцах с генетическим материалом пырея показал, что многие образцы содержат пшенично-пырейные транслокации и гены устойчивости к бурой (*Lr19*, *Lr24*) и стеблевой (*Sr24*, *Sr25*, *Sr26*) ржавчинам, а также к вирусу желтой карликовости ячменя.

Таким образом, в коллекции ВИР имеются по меньшей мере 25 образцов с 40–42 хромосомами пшеницы и 14–16 пырея, их можно отнести к роду \times *Trititrigia* Tzvel., а также образцы мягкой пшеницы с транслокациями и/или интрогрессией генетического материала пырея. Все они могут быть использованы в качестве исходного материала для исследований и в селекции пшеницы, в том числе зернокармowego направления.

ИНТРОГРЕССИВНАЯ ГИБРИДИЗАЦИЯ КУЛЬТУРНОГО ЯЧМЕНЯ *HORDEUM VULGARE* L. С ЯЧМЕНОМ ЛУКОВИЧНЫМ *HORDEUM BULBOSUM* L.: ВОЗМОЖНОСТИ И ОГРАНИЧЕНИЯ

Г. И. Пендинен¹, В. Е. Чернов²

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

² Агрофизический научно-исследовательский институт (АФИ), Санкт-Петербург, Россия

INTROGRESSIVE HYBRIDIZATION OF CULTIVATED BARLEY *HORDEUM VULGARE* L. WITH BULB BARLEY *HORDEUM BULBOSUM* L.: OPPORTUNITIES AND LIMITATIONS

G. I. Pendinen¹, V. E. Chernov²

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

² Agrophysical Research Institute (AFI), St. Petersburg, Russia

Ячмень луковичный *Hordeum bulbosum* L. – многолетний вид ячменя, среди образцов которого встречаются диплоидные и тетраплоидные формы (Bothmer et al., 1991). Это единственный дикорастущий вид рода *Hordeum*, генофонд которого успешно используется в интрогрессивной гибридизации с культурным ячменем *H. vulgare* L. Ячмень луковичный, как и культурный ячмень, относится к секции *Hordeum*, для этого вида характерно наличие полиплоидного ряда ($2n = 2x$, $2n = 4x$). Тетраплоидные формы представляют собой автополиплоиды. Для геномов *H. bulbosum* и *H. vulgare* характерна высокая гомология и значительная коллинеарность, что обеспечивает гомеологичную рекомбинацию в мейозе (Bothmer et al., 1991; Wendler et al., 2017). Образцы этого вида характеризуются рядом ценных признаков, таких как устойчивость к мучнистой росе, стеблевой и листовой ржавчине, VaMMV, VaYMV и BYDV вирусам, которые могут быть перенесены в геном культурного ячменя при межвидовой гибридизации (Jones, Pickering, 1978; Michel, 1996; Szigat, Szigat, 1991; Ruge et al., 2003; Ruge-Wehling et al., 2006; Scholz et al., 2009; Pidon et al., 2021). Показана возможность их переноса от образцов *H. bulbosum* в геном *H. vulgare* при межвидовой гибридизации (Jones, Pickering, 1978; Michel, 1996; Ruge et al., 2003; Ruge-Wehling et al., 2006; Scholz et al., 2009; Hoseinzadeh et al., 2020; Pidon et al., 2021; 2023; Yu et al., 2018; 2022). Поэтому генофонд ячменя луковичного представляет интерес для использования в интрогрессивной гибридизации как источник для расширения генетического разнообразия ячменя культурного. На основе межвидовых гибридов *H. vulgare* с *H. bulbosum* получены серии интрогрессивных линий (Пендинен и др., 2018; Pickering, 1988; Pickering, 1992; Pickering et al., 1994; Pickering et al., 2000; Jonson, Pickering, 2002; Scholz et al., 2009).

При разработке схемы создания интрогрессивных форм на основе межвидовых гибридов *H. vulgare* с *H. bulbosum* нужно принимать во внимание особенности этих скрещиваний в связи с проблемой элиминации хромосом дикорастущего вида при развитии гибридных зародышей. Разрабатывая для этой цели схему скрещиваний, необходимо учитывать ряд факторов, основными из которых являются плоидность образцов родительских видов, их генетические особенности, определяющие интенсивность процесса элиминации хромосом ячменя луковичного в эмбриогенезе. Основой для получения интрогрессивных форм ячменя могут быть диплоидные (H^vH^b), триплоидные ($H^vH^bH^b$) и тетраплоидные ($H^vH^bH^bH^b$) гибриды. Наиболее перспективны для решения этой задачи тетраплоидные гибриды, поскольку они частично фертильны. Однако возможность получения диплоидных и тетраплоидных гибридов ограничена из-за элиминации хромосом дикорастущего ячменя в эмбриогенезе при соотношении геномов $1H^v : 1H^b$ в гибридном

зародыше, и результат скрещивания в значительной степени зависит от генотипов используемых родительских форм (Пендинен и др., 2024; Но, Kasha, 1975; Fukuyama, Hosoya, 1983; Devaux, 2003). Эта особенность в значительной степени ограничивает вовлечение разнообразных сортов культурного ячменя в интрогрессивную гибридизацию с ячменем луковичным. Так, для использованных нами в работе сортов ячменя Igrі (4x) и Borwina (4x) характерны различные темпы элиминации хромосом ячменя луковичного в эмбриогенезе (Пендинен и др., 2024). Показано, что при скрещивании *H. bulbosum* A17 (4x) с *H. vulgare* 'Igrі' (4x) процесс элиминации хромосом дикорастущего вида очень интенсивный и завершается практически полностью к десятому – одиннадцатому дню после опыления. В гибридных зародышах, полученных в скрещиваниях с сортом *H. vulgare* 'Borwina' (4x), к 12-му дню после опыления большая часть клеток (92,6 %) в проанализированных зародышах содержит полный набор хромосом *H. bulbosum*, в некоторых клетках (7,4 %) отмечена элиминация единичных хромосом ячменя луковичного. В комбинации с участием сорта ячменя 'Borwina' (4x) получены тетраплоидные частично фертильные гибриды ($H^bH^bH^vH^v$), в потомстве которых от самоопыления встречаются как гибридные формы, так и культурный ячмень (2x) с интрогрессиями генетического материала ячменя луковичного (Scholz, Pendinen, 2017). Этот гибрид может быть вовлечен в беккроссы с ячменем любого сорта для создания широкого спектра интрогрессивных форм. При соотношении геномов родительских видов $1H^v: 2H^b$ в скрещиваниях тетраплоидного *H. bulbosum* с диплоидным *H. vulgare* результатом являются цитогенетически стабильные триплоидные гибриды ($H^vH^bH^b$) независимо от используемых образцов родительских видов, но такие гибриды стерильны. В связи с этим осложнена работа по их дальнейшему использованию в получении интрогрессивных форм.

Важной составляющей успешных работ по интрогрессивной гибридизации является возможность включения генетического материала ячменя луковичного в хромосомы культурного ячменя. Основным механизмом, определяющим интрогрессию генетического материала *H. bulbosum* в хромосомы *H. vulgare*, является гомеологичное спаривание хромосом. Детальный анализ межгеномных ассоциаций у гибридов *H. vulgare* с *H. bulbosum* различного геномного состава: диплоидных (H^vH^b), триплоидных ($H^vH^bH^b$) и тетраплоидных ($H^vH^bH^bH^b$) показал, что длинные плечи каждой из хромосом чаще вовлекаются в гомеологичное спаривание, чем их короткие плечи (Пендинен, Шольц, 2020; Pickering et al., 2006; Scholz, Pendinen, 2017). Рекомбинация между хромосомами различных видов происходит только в терминальных участках плеч. Различные хромосомы и их плечи с различной частотой участвуют в образовании межгеномных ассоциаций: чаще других в гомеологичное спаривание вовлекаются длинные плечи хромосом 1H, 2H, 3H, 5H. Ни у одного из изученных триплоидных ($H^vH^bH^b$) и тетраплоидных ($H^vH^bH^bH^b$) гибридов в MІ мейоза не выявлено гомеологичных ассоциаций с участием короткого плеча хромосомы 1H (Пендинен, Шольц, 2020; Scholz, Pendinen, 2017). В потомстве от самоопыления частично фертильного гибрида *H. bulbosum* A17 (4x) с *H. vulgare* 'Borwina' ($H^bH^bH^vH^v$) среди интрогрессивных форм также чаще других встречаются растения (гибриды или *H. vulgare* (2x)) с рекомбинантными хромосомами, несущими генетический материал ячменя луковичного в хромосомах 1HL, 2HL, 3HL, 5HL.

Растений с интрогрессиями в хромосоме 1HS не выявлено.

В процессе работы создана серия фертильных линий культурного ячменя с терминальными интрогрессиями генетического материала *H. bulbosum* в различных плечах хромосом: 1HL, 2HL, 2HS, 3HL, 3HS, 5HL, 6HS, 7HL, 7HS. Для этих линий, как и для *H. vulgare*, характерно самоопыление, обеспечивающее сохранение чужеродного генетического материала при выращивании в полевых условиях.

МОЛЕКУЛЯРНЫЕ МАРКЕРЫ В ОЦЕНКЕ ОБРАЗЦОВ КОЛЛЕКЦИИ ГЕКСАПЛОИДНОЙ ПШЕНИЦЫ ВИР ПО СКРЕЩИВАЕМОСТИ С РОЖЬЮ

И. В. Поротников, В. П. Пюккенен, А. Г. Хакимова, О. Ю. Антонова,
О. П. Митрофанова

Федеральный исследовательский центр Всероссийский институт генетических ресурсов растений имени Н.И. Вавилова (ВИР), Санкт-Петербург, Россия, i.v.porotnikov@gmail.com

MOLECULAR MARKERS IN THE EVALUATION OF ACCESSIONS FROM VIR'S HEXAPLOID WHEAT COLLECTION ACCORDING TO THEIR CROSSABILITY WITH RYE

I. V. Porotnikov, V. P. Pyukkenen, A. G. Khakimova, O. Yu. Antonova, O. P. Mitrofanova
N.I. Vavilov All-Russian Institute of Plant Genetic Resources (VIR), St. Petersburg, Russia,
i.v.porotnikov@gmail.com

Интрогрессия чужеродного генетического материала в мягкую пшеницу, МП (*Triticum aestivum* L., $2n = 6x = 42$, BBAADD) от представителей других видов и родов посредством отдаленной гибридизации – основной способ обогащения ее генофонда. В качестве доноров аллелей генов ценных признаков широко используются рожь посевная *Secale cereale* L. ($2n = 2x = 14$, RR) и синтетическая гексаплоидная пшеница \times *Aegilotriticum* P. Fourm (далее СГП). Низкая скрещиваемость МП с рожью посевной обусловлена доминантными аллелями генов *Kr1-Kr4* и супрессора *SKr*, а высокая скрещиваемость сопряжена с присутствием рецессивных аллелей, которые встречаются в основном у местных форм из стран Восточной Азии (Lein, 1943; Laugerotte et al., 2022). Основной по силе эффект на межродовую несовместимость оказывают гены *Kr1* и *SKr*, однако они и другие гены, отвечающие за контроль скрещиваемости МП с рожью, пока не секвенированы. Молекулярные маркеры гена *SKr* эффективны в контроле передачи его рецессивных аллелей в другие сорта, но неизвестны примеры их применимости для скрининга *ex situ* коллекций МП и СГП. Довольно высокая насыщенность маркерами участка с геном *SKr*, а также наличие референсного генома CS (IWGSC) и пангенома МП (PGSB) позволили выявить физический интервал его локализации и осуществить *in silico* анализ для поиска генов-кандидатов.

В связи с изложенным выше актуальными задачами были: (1) апробация существующих ДНК-маркеров гена *SKr* на образцах МП и СГП коллекции ВИР, охарактеризованных по скрещиваемости с рожью, и применение этих маркеров для скрининга коллекции ВИР; (2) проведение поиска генов-кандидатов на роль супрессора скрещиваемости *SKr* и анализ их полиморфизма у контрастных по скрещиваемости с рожью образцов; (3) формирование генотипированной стержневой коллекции образцов гексаплоидной пшеницы с различным уровнем скрещиваемости с рожью для использования в научных целях и селекции.

Для исследований были сформированы три набора, суммарно содержащих 219 образцов МП и 30 СГП. Первый набор состоял из 112 образцов МП с уже известной скрещиваемостью с рожью, его использовали для оценки диагностической эффективности маркеров, сцепленных с геном *SKr*, в идентификации форм с высокой/низкой скрещиваемостью с рожью. Второй набор включал 107 образцов стародавней МП из стран Азии. Он был сформирован для оценки географической приуроченности разных аллелей локусов, сцепленных с геном *SKr*. Третий набор содержал 30 образцов СГП, полученных из International Maize and Wheat Improvement Center (Мексика). Скрещиваемость большинства (25) образцов СГП была известна по литературным данным.

Гибридизацию образцов МП и СГП с рожью посевной осуществляли твел-методом (Мережко и др., 1973), а молекулярный скрининг – с помощью маркеров *cfb341*, *TGlc2*,

gene12 и gene13, сцепленных с геном *SKr* (Bouguennec et al., 2018). Диагностическую эффективность маркеров определяли как соотношение числа генотипов с правильной ассоциацией аллель-признак к общему числу фенотипированных генотипов (в %). Для *in silico* анализа с целью разработки SSR-маркеров использовали последовательность генома Chinese Spring (IWGSC RefSeq v2.1) и программу UGENE. Для поиска генов-кандидатов на роль *SKr* привлекали аннотированные сборки из пангенома МП сортов Lancer и Julius, Norin 61 (PGSBv2.1) и геном CS (IWGSC RefSeq v2.1). Анализ белковых продуктов проводили в базе данных Uniprot.

Апробация ДНК-маркеров *cfb341*, gene12, TGlc2 и gene13 гена *SKr* на первой и третьей выборках образцов показала их высокую эффективность в идентификации генотипов с высоким/низким уровнем скрещиваемости с рожью (71,4 %, 70,7 %, 71,4 % и 57,9 % соответственно) у МП и гораздо меньшую эффективность (41,5 % для первых трех маркеров и 43,9 % для gene13) в случае СГП. Достоверная ассоциация аллель-признак обнаружена лишь при скрининге генотипов МП с помощью маркеров *cfb341*, gene12 и TGlc2 ($\chi^2 = 13,86, 14,65$ и $12,13 > \chi^2 = 3,84$ при $n = 1, p = 0,05$). Эти три маркера могут быть использованы для отбора потенциально совместимых с рожью генотипов (образцов) МП. Необходимо отметить, что по каждому маркерному локусу гена *SKr* было выявлено значительное число новых, неописанных в литературе аллельных фрагментов. Наиболее полиморфными по изученным локусам оказались образцы стародавней МП азиатского происхождения, у которых описано 11 новых аллелей. Образцы с гаплотипами, несущими редкие/уникальные аллели были выявлены в Индии, Пакистане, Афганистане и Монголии. По географической приуроченности они объединены нами группы, соответствующие трем основным путям распространения МП из Западной Азии в Восточную: 1) Южно-Гималайский путь, проходящий через Индию и Пакистан; 2) маршрут коридора Хэси, идущий через Афганистан; 3) степной маршрут, включающий на своем пути Монголию (Zhao et al., 2023).

На основе полученных данных молекулярного скрининга и фенотипирования по признаку скрещиваемости с рожью сформирована стержневая коллекция из генотипов МП и СГП, которая предназначена для использования в научных исследованиях и селекции. В ней довольно полно представлено географическое разнообразие хорошо скрещивающихся с рожью генотипов МП, а также генетическое разнообразие МП и СГП по локусам, сцепленным с *SKr*. Для генотипирования образцов стержневой коллекции нами использованы: взятый из литературы маркер *Xgwm234* (Röder et al., 1998; Bouguennec et al., 2018), сцепленный с геном *SKr*, а также разработанные пять полиморфных SSR-маркеров для участка с геном *Kr1* и два маркера – для *SKr*. Кроме того, образцы коллекции охарактеризованы по аллельному составу генов короткостебельности *Rht-B1* и *Rht-D1*, а также генов *Vrn*, определяющих тип развития растения.

С использованием *in silico* анализа выделено семь предполагаемых генов-кандидатов на роль супрессора *SKr*. Наибольшее число аминокислотных замен у контрастных по скрещиваемости форм обнаружено у гена неспецифичной серин-треониновой киназы. Есть сведения об ее участии в реакции цветка табака на опыление пылью другого вида (Li et al., 1997). В дальнейшем планируется изучить внутригенный полиморфизм всех семи генов-кандидатов у контрастной по скрещиваемости с рожью выборки образцов мягкой пшеницы.

Работа выполнена в рамках Государственного задания FGEM-2022-0008.

ИТОГИ И ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ СЕЛЕКЦИИ ПАСЛЕНОВЫХ КУЛЬТУР

О. Н. Пышная, Е. А. Джос

Федеральный научный центр овощеводства, Одинцово, Россия, pishnaya_o@mail.ru

RESULTS AND PROSPECTS OF THE DEVELOPMENT OF SOLANACEAE CROP BREEDING

O. N. Pyshnaya, E. A. Dzhos

Federal Scientific Vegetable Center, Odintsovo, Russia, pishnaya_o@mail.ru

Во всем мире весьма популярными среди овощных культур являются представители семейства Пасленовые. Это очень многочисленное семейство, включающее около 75 родов и 2000 видов различных растений: дикорастущих и декоративных, съедобных, лекарственных и ядовитых, овощных и ягодных, кустарников, трав и деревьев. Наиболее важными родами овощных культур являются *Solanum* (картофель и баклажан), *Lycopersicon* (томат) и *Capsicum* (перец).

ФГБНУ ФНЦО занимается селекцией этих культур уже более 100 лет. Начало работы положено первым директором профессором С. И. Жегаловым, а практическая селекция пасленовых культур в учреждении непосредственно связана с именем академика ВАСХНИЛ А. В. Алпатьева, который является основоположником научных исследований по осеверению теплолюбивых культур. На основе проводимых научных исследований разработана методика создания холодостойких, скороспелых сортов томата, включающая воздействие определенных условий окружающей среды на родительские формы и гибридный материал с первых его генераций для повышения приспособляемости к новым, нехарактерным условиям селективируемого материала. Впоследствии данная методика применялась при селекции перца сладкого, баклажана и физалиса. Эта тема актуальна и в настоящее время. По томату, используя теорию взаимодействия «генотип-среда», была создана целая серия холодостойких сортов, относительно устойчивых к фитофторозу: Дубрава, Грот, Гранд, Камея, Гея и др. Ученым удалось изменить биологическую потребность перца в тепле и создать сорта и гибриды, способные давать высокий стабильный урожай при сумме эффективных температур 1200–1500 °С, при необходимой – 3000 °С: Казачок, Сластена, Памяти Жегалова, F₁ Гусар и F₁ Натали.

Межвидовая гибридизация растений является эффективным фактором генотипической изменчивости, играет существенную роль в эволюции и дает возможность создавать ценный исходный материал. Ранее в результате отдаленной гибридизации были созданы: оригинальный сорт томата Северянин с выраженной партенокарпией на 1 и 2 кистях; бестычинковый мутант для использования в селекции; ультраскороспелые, короткостадийные формы для получения гетерозисного эффекта; сорт Вкусный с повышенным содержанием сухого вещества в плодах. По перцу сладкому метод межвидовой гибридизации был использован для передачи устойчивости к вирусным заболеваниям от видов *S. chinense* и *S. frutescens*. В результате этого удалось получить устойчивые межвидовые формы перца, толерантные к вирусу бронзовости томата (*TSWV*) и другим вирусным патогенам. Вовлечение диких видов баклажана (*Solanum aethiopicum*, *S. macrocarpon*) в селекционный процесс позволило получить гибридные комбинации с содержанием флавоноидов в 1,3 раза, а фенолкарбоновых кислот – в 1,6–1,7 раза выше, чем у культурного вида *S. melangena*.

Селекция на гетерозис позволяет объединить в потомстве комплекс необходимых генов при создании коммерческого гибрида, что не всегда удается при получении сортов. С использованием разработанных подходов создан ряд конкурентоспособных гибридов томата, перца сладкого и баклажана, которые успешно внедряются в производство. Для

повышения эффективности отбора по количественным признакам применяется экологическая организация селекционного процесса.

Традиционная селекция за последние годы существенно дополнена современными методами биотехнологии, генетики, экологии, иммунитета. Разработанная технология получения удвоенных гаплоидов перца позволила получить растения-регенеранты из микроспор различных селекционных образцов, включая гибридные комбинации, сортопопуляции с комплексом хозяйственно ценных признаков и межвидовые гибриды, что способствовало сокращению временных затрат в несколько раз на получение гомозиготных генетически стабильных линий. Удвоенные гаплоидные линии перца сладкого, полученные из сорта Здоровье, являются источником генов холодоустойчивости и успешно используются в селекции.

Существенно повышают эффективность отбора и селекционного процесса современные технологии молекулярного маркирования, с помощью которых можно выявлять источники хозяйственно важных признаков, маркировать гены устойчивости к болезням и другим биотическим и абиотическим стрессорам, идентифицировать сорта и др. С целью выявления полиморфизма по локусу гена *pvr4* у перца был использован полученный кодоминантный аллель-специфический CAPS-маркер, что позволило существенно сократить и повысить результативность селекционного процесса, т. к. уже на стадии проростка стал возможен отбор в расщепляющихся популяциях F_2 и F_3 гомозиготных генотипов, несущих аллель гена устойчивости к Y вирусу картофеля. При селекции томата на устойчивость к фитофторозу использование ДНК-маркеров направлено на идентификацию патогена и поиск доноров генов резистентности. В результате исследований создан высокоспецифичный маркер *Ph3-412* гена устойчивости томата к фитофторозу *Ph-3*, который позволяет выявлять доноры устойчивости при совместном применении с маркером *NCLB-9-6678*. В ФГБНУ ФНЦО совместно с ФИЦ «Биотехнология РАН» маркер-ассоциированная селекция томата, перца и баклажана проводится по генам скороспелости и качества (каротиноиды, антоцианы, аскорбиновая кислота и др.). По ряду наиболее востребованных сортов и гибридов томата и перца сладкого разработаны молекулярно-генетические паспорта на основе SSR-маркеров. Сравнение анализируемого образца с эталонным ДНК-паспортом позволит проводить генетическую идентификацию и контролировать сортовую чистоту семенного материала.

Уровень генетической разнородности коллекции перца сладкого, полученный при помощи AFLP анализа, был положен в основу разработки приемов подбора родительских пар для скрещивания, где по данным молекулярно-генетического и биометрического анализов для гибридизации селекционные линии отбираются с комплексом хозяйственно ценных признаков и достаточным уровнем генетической дивергенции.

Таким образом, интенсивное развитие молекулярных, биотехнологических и иммунологических методов позволяет значительно расширить возможности селекции пасленовых культур и в короткие сроки создавать отечественные, конкурентоспособные сорта и гибриды пасленовых культур.

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ГЕНЕТИЧЕСКИХ ИСТОЧНИКОВ УСТОЙЧИВОСТИ К S- И M-ВИРУСАМ ПРИ СОЗДАНИИ ИСХОДНОГО МАТЕРИАЛА КАРТОФЕЛЯ

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

Научно-практический центр Национальной академии наук Беларуси по картофелеводству
и плодоовощеводству, Самохваловичи, Беларусь, nicrw@mail.ru

USING GENETIC SOURCES OF RESISTANCE TO PVS AND PVM IN THE DEVELOPMENT OF POTATO SOURCE MATERIAL

**N. V. Rusetskiy, V. A. Kozlov, A. V. Chashynskiy, T. V. Semanyuk, D. V. Bashko,
I. A. Rodkina**

Research and Practical Center of the National Academy of Sciences of Belarus for Potato, Fruit
and Vegetable Growing, Samokhvalovichi, Belarus, nicrw@mail.ru

Картофель является важной сельскохозяйственной культурой, обладающей высокой потенциальной урожайностью, используемой на продовольственные, кормовые и технические цели. Однако продуктивность этой культуры в сильной степени зависит от поражения различными болезнями, в том числе и вирусными. В настоящее время из большого числа вирусов, зарегистрированных как поражающие картофель, PVS (S-вирус картофеля) и PVM (M-вирус картофеля), относящиеся к роду *Carlavirus* семейства *Betaflexiviridae*, являются наиболее распространенными на посадках картофеля.

В Республике Беларусь, по данным фитовирусологического мониторинга, проводимого в 2005–2020 гг. пораженность посадок картофеля в картофелеводческих организациях различных форм собственности составляет: по PVM от 22,3 до 72,9 %, по PVS – от 32,0 до 55,2 % (Русецкий и др., 2022).

Сложившаяся ситуация объясняется в первую очередь отсутствием или незначительным количеством устойчивых сортов, что связано в свою очередь с недостаточным количеством в практической селекции генетических источников резистентности к этим патогенам. Для решения этой задачи нами был осуществлен поиск и выделение как среди коллекционного и межвидового селекционного материала картофеля, так и среди диких видов с применением методов ИФА и ПЦР – генетических источников, имеющих в своем генотипе аллели, отвечающие за устойчивость к S- и M-вирусам картофеля.

По литературным данным известно, что до настоящего времени у *Solanum* spp. выявлено два типа доминантных генов устойчивости к PVM. Один из них ген *Rm*, отвечающий за гиперчувствительную некротическую реакцию, происходящий от *S. megistacrolobum* (Dzievonska, 1977). Второй ген *Gm* выявлен среди образцов *S. gourlayi*, обеспечивает устойчивость к инфекции, связанную с медленным размножением и медленным системным распространением вируса в растениях (Was et al., 1980).

В практической селекции на устойчивость к S-вирусу в основном используется тип устойчивости, связанный со сверхчувствительной реакцией, которая была обнаружена у боливийской линии PI 258907 (subsp. *andigena*), и обусловленной одним доминантным геном *Ns*. В мировой селекционной практике получены сорта картофеля, содержащие этот ген, – Ssignal, Fantasia, Adretta, Barycz, Клера, Meduza, Omulew и др., но сортов с комплексной устойчивостью к этим вирусам крайне недостаточно.

В нашей работе по результатам проведенных исследований среди гибридного материала межвидового происхождения и коллекции мирового генофонда по данным тестирования методом ИФА и скрининга на наличие ПЦР-маркеров: к генам *Ns*, *Gm* и *Rm* – как устойчивые к S- и M-вирусам и с наличием у них соответствующих признаку ДНК-маркеров – было выделено 34 родительские формы.

С использованием выделенных форм осуществлена гибридизация для получения гибридного потомства с комбинированной устойчивостью к этим патогенам выполнено искусственное инфицирование полученных 25 гибридных популяций на стадии сеянцев первого года с выбраковкой восприимчивых. С учетом проведенных выбраковок выделен 1301 сеянец картофеля, относительно устойчивый к S- и M-вирусам.

В дальнейшем отобранные гибриды с относительной устойчивостью к S- и M-вирусам испытаны в полевом питомнике первой клубневой репродукции. В период вегетации была проведена оценка межвидовых гибридов картофеля по устойчивости к вирусным болезням в полевых условиях на естественном инфекционном фоне. С целью установления латентной вирусной инфекции в исследуемых образцах питомника первого клубневого поколения в фазу бутонизации проводили тестирование исследуемого материала с использованием иммуноферментного анализа. У отобранных по результатам ИФА (как свободные от вирусной инфекции) образцов проводили молекулярно-генетический скрининг (в основном гибриды с комплексной устойчивостью к S+M-вирусам) на наличие ДНК-маркеров к генам резистентности – *Ns*, *Rm* и *Gm*.

При выполнении исследований, для выявления гена *Ns*, отвечающего за устойчивость к S-вирусу картофеля использовали SCAR-маркер SCG17₃₂₁, ISSR-маркер UBC811₆₆₀ и CAPS-маркер SC811₂₆₀. Наличие гена *Gm* определяли с использованием SCAR-маркера SC878₈₈₅, гена *Rm* – с помощью маркеров: UBC822₁₀₇₉ (ISSR), GP250₅₁₀, GP283₃₂₀ (CAPS).

В результате проведенных исследований по оценке фенотипической устойчивости и выполненного молекулярного скрининга, с учетом наличия пяти – семи маркеров к генам *Ns*, *Rm* и *Gm* устойчивости к комплексу S+M-вирусов и наличия ряда хозяйственно ценных признаков выделено 8 образцов картофеля (172ум21-4, 256см21-16, 170уам21-58, 26ys1922-15, 26ys1922-36, ТВС160921-10, ТВС160921-21 и ТВС160921-24), которые могут быть использованы в качестве источников устойчивости к S- и M-вирусам.

ФОРМИРОВАНИЕ СОВРЕМЕННЫХ ВИДОВ ГРЕЧИХИ НАЧАЛОСЬ С УТРАТЫ ПРЕДКОВОЙ ФОРМЫ СИСТЕМЫ НЕСОВМЕСТИМОСТИ ГАМЕТОФИТНОГО ТИПА

И. Н. Фесенко

Федеральный научный центр зернобобовых и крупяных культур, Орел, Россия,
ivanfesenko@rambler.ru

SPECIATION OF CONTEMPORARY BUCKWHEATS STARTED WITH THE LOSS OF THE GAMETOPHYTIC INCOMPATIBILITY SYSTEM BY THEIR ANCESTRAL FORM

I. N. Fesenko

Federal Scientific Center of Legumes and Groat Crops, Orel, Russia, ivanfesenko@rambler.ru

Репродуктивная изоляция – один из основных критериев идентичности биологического вида, а также одно из основных последствий видообразования, т. е. разделения предковой формы на два или несколько видов. Несовместимость пыльцы и пестика в межвидовых скрещиваниях часто бывает односторонней, таким образом гены, контролирующую такую несовместимость, могут быть того же типа, что и гены самонесовместимости. Однако поскольку полиморфизма по наличию/отсутствию прогамной несовместимости межвидовых скрещиваний, как правило, не бывает, это не те же самые гены.

Перекрестное опыление современных видов рода *Fagopyrum* Mill. (гречиха), таких как *F. esculentum* (гречиха обыкновенная) и *F. cymosum*, связано с гетероморфной несовместимостью (гетеростилией). Их популяции состоят из длинностолбчатых (длинный пестик, короткие тычинки, мелкая пыльца) и короткостолбчатых (короткий пестик, длинные тычинки, крупная пыльца) растений, семена в норме формируются только в реципрокных скрещиваниях «длинностолбчатое (Д) × короткостолбчатое (К)». Самоопылители *F. tataricum* и *F. homotropicum* формируют гомостильные цветки.

В межвидовых скрещиваниях гречихи идентифицировано 2 гена несовместимости гаметофитного типа, проявляющихся на стадии роста пыльцевых трубок. Эти гены в том или ином виде обнаруживаются в геномах перечисленных видов. Первый из этих генов выявлен анализом прогамной несовместимости комбинации *F. esculentum* × *F. homotropicum*. Он проявился только на пестике короткостолбчатой (К) формы гетеростильного вида *F. esculentum*. В пестике Д-формы *F. esculentum* активности этого гена не выявлено. Далее было показано, что ген с такой же аллельной специфичностью контролирует прогамную несовместимость скрещиваний *F. cymosum* (К) × *F. homotropicum* и *F. cymosum* (К) × *F. tataricum*. Второй ген (с другой аллельной специфичностью) выявлен анализом прогамной несовместимости комбинации *F. cymosum* (К) × *F. esculentum* (Д).

По-видимому, обнаруженные гены несовместимости гаметофитного типа, проявляющиеся в межвидовых скрещиваниях, являются сохранившимися компонентами утраченной гаметофитной системы несовместимости, которая была заменена гетеростилией. Это позволяет сделать некоторые предположения, касающиеся формирования современных видов гречихи, особенно на самых ранних стадиях этого цикла видообразования. Можно заключить, что эволюция современных видов гречихи на основе общей предковой формы началась в момент утраты гаметофитной системы несовместимости, которая была связана, скорее всего, с катастрофическим сокращением численности популяции. Далее потребовалась мутация по крайней мере в одном из двух сохранившихся аллелей деградировавшей гаметофитной системы, чтобы преодолеть несовместимость любых скрещиваний в пределах популяции с двумя аллелями гаметофитной системы. В дальнейшем остатки гаметофитной системы были использованы

в качестве «каркаса» для построения гетеростилии, поскольку гены, контролирующие тип цветка, как правило, сцеплены с сохранившимися фрагментами утраченной гаметофитной системы.

**ВЫДЕЛЕНИЕ ИСТОЧНИКОВ ХОЗЯЙСТВЕННО ЦЕННЫХ ПРИЗНАКОВ СРЕДИ
МЕЖВИДОВЫХ ГИБРИДОВ КАРТОФЕЛЯ СЕЛЕКЦИИ ОТДЕЛА
КЛУБНЕПЛОДОВ ВИР И РАЦИОНАЛЬНОЕ ИХ ИСПОЛЬЗОВАНИЕ
В УСЛОВИЯХ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ**

**А. В. Чашинский¹, Е. В. Рогозина², В. А. Козлов¹, Д. В. Башко¹, Н. В. Русецкий¹,
Н. А. Чалая², И. А. Родькина¹**

¹ Научно-практический центр Национальной академии наук Беларуси по
картофелеводству и плодовоовощеводству, Самохваловичи, Беларусь,
a.chashinski@rambler.ru,

² Федеральный исследовательский центр Всероссийский институт генетических
ресурсов растений имени Н.И. Вавилова (ВИР), Санкт-Петербург, Россия,
rogozinaelena@gmail.com

**IDENTIFYING SOURCES OF ECONOMICALLY VALUABLE TRAITS AMONG
INTERSPECIFIC POTATO HYBRIDS BRED AT THE TUBER DEPARTMENT OF VIR
AND THEIR SUSTAINABLE UTILIZATION UNDER THE CONDITIONS OF
BELARUS**

**A. V. Chashynskiy¹, E. V. Rogozina², V. A. Kozlov¹, D. V. Bashko¹, N. V. Rusetskiy¹,
N. A. Chalaya², I. A. Rodkina¹**

¹ Research and Practical Center of the National Academy of Sciences of Belarus for Potato, Fruit
and Vegetable Growing, Samokhvalovichi, Belarus, a.chashinski@rambler.ru

² N.I. Vavilov All-Russian Institute of Plant Genetic Resources (VIR), St. Petersburg, Russia,
rogozinaelena@gmail.com

Лаборатория генетики картофеля РУП «Научно-практического центра НАН
Беларуси по картофелеводству и плодовоовощеводству» проводит активный поиск новых
генетических ресурсов картофеля, всестороннее их изучение, сохранение и рациональное
использование в селекционных программах.

В течение 2020–2023 гг. в условиях Республики Беларусь изучено 19 межвидовых
гибридов картофеля, созданных в отделе клубнеплодов ФГБНУ «Федерального
исследовательского центра Всероссийский институт генетических ресурсов растений
имени Н.И. Вавилова», по основным хозяйственно ценным признакам (продуктивность,
устойчивость к вирусным болезням, фитофторозу, черной ножке, повышенное содержание
крахмала, пригодность к промышленной переработке на картофелепродукты и др.).

Межвидовые гибриды протестированы на наличие или отсутствия отдельных
локусов, связанных с синтезом углеводов с использованием ДНК-маркеров: StpL-3e, StpL-
3b, Stp23-8b, AGPsS-10a, AGPsS-9a, InvGF-4d, InvGF-4b и Pain 1-8c. Используемые
в работе праймеры синтезировали в ОДО «Праймтех» (Республика Беларусь).

Для выделения ДНК использовали набор реагентов «АртСпин» (ООО
«АртБиоТех»), согласно протоколу производителя. Премикс для постановки классической
ПЦР включал: готовую смесь для ПЦР-анализа Quick-loadTaq 2XMasterMix (ОДО
«Праймтех», Республика Беларусь), соответствующие праймеры (прямой и обратный),
матрицу ДНК (2 мкл) и деионизированную воду в количестве, необходимом для доведения
объема смеси до 25 мкл, согласно протоколу производителя. В состав Quick-load Taq 2X
Master Mix входили все необходимые компоненты ПЦР: ДНК полимеразы, dNTPs, Mg²⁺
и реакционный буфер, а также красители для непосредственного нанесения реакционной
смеси на гель при проведении электрофоретического анализа. Визуализацию продуктов
амплификации проводили разделением в 2-процентном агарозном геле, окрашенном
бромистым этидием, с последующей регистрацией результатов с помощью оборудования
системы гель документирования DOC-PRINT-VX2.

В результате проведенного молекулярного маркирования межвидовых гибридов картофеля на наличие или отсутствие отдельных локусов, связанных с синтезом углеводов установлено, что у гибридов 171-3, 97-152-8, 160-1, 39-1-2005 и 40-2000 выявлено наличие двух маркеров: Stp23-8b и InvGF-4d. Маркер Stp23-8b отмечен у гибридов 97-159-3, 135-1-2006, 118-6-2011, 12/1-09 и 40-2000. Наличием маркера InvGF-4d характеризовались образцы 138-3-2006, 190-4 и 99-6-10. ДНК-маркер InvGF-4b выявлен у гибрида 16/27-09. У остальных межвидовых гибридов картофеля не выявлено ни одного из использованных маркеров.

По устойчивости к фитофторозу листьев в полевых условиях выделены гибриды 24-1 и 16/27-09. Поражение ботвы фитофторозом на последнюю декаду августа у данных гибридов отмечено на уровне 25 %. Область под кривой развития болезни (AUDPC) составила 0,15–0,17. Относительно высокой устойчивостью к фитофторозу клубней характеризовались гибриды 97-152-8 и 99-4-1 (балл устойчивости 7,0–7,3).

В результате изучения межвидовых гибридов картофеля по устойчивости к возбудителям черной ножки клубней выделены гибриды 118-6-2011, 38 КВА и 190-4 с высокой устойчивостью к патогену.

Использование метода ИФА для определения наличия скрытой вирусной инфекции показало, что все изученные образцы поражены М-вирусом картофеля. Вирус S также содержали практически все изученные гибриды за исключением гибридов 138-3-2006 и 8-3-2004. Вирус Y картофеля не обнаружен у 15 гибридов из 19 изученных. Поражение вирусом X на уровне 10 % отмечено у гибрида 16/27-09. Остальные формы были свободны от данного вируса. Вирусы L и A среди изученных образцов не выявлены.

По результатам трехлетних испытаний (2021–2023 гг.) продуктивностью более 1000 г/куст характеризовались образцы 97-159-3, 16/27-09, 160-1, 8-3-2004 и 190-4.

По содержанию крахмала выделились гибриды 16/27-09 (16,9 %) и 135-1-2006 (16,6 %).

Высокой пригодностью к промышленной переработке на картофелепродукты после 5 месяцев холодного хранения без рекондиционирования характеризовались гибриды 118-6-2011, 99-4-1, 38 КВА, 97-152-8, 8-3-2004 и 135-1-2006.

По результатам всестороннего изучения межвидовые гибриды картофеля отдела клубнеплодов ВИР включены в гибридизацию для получения новых, перспективных для селекции образцов с комплексом хозяйственно ценных признаков. В течение 2021–2024 гг. выполнено 63 комбинации скрещиваний. Ягоды получены в 28 комбинациях. В настоящее время в полевых питомниках проходят изучения 36 образцов картофеля.

**ИЗУЧЕНИЕ ФУНКЦИЙ ГЕНОВ, КОНТРОЛИРУЮЩИХ СИНТЕЗ
ПОЛИФЕНОЛЬНЫХ СОЕДИНЕНИЙ В ЗЕРНЕ ЯЧМЕНЯ
(*HORDEUM VULGARE* L.), С ПОМОЩЬЮ НАПРАВЛЕННОГО МУТАГЕНЕЗА**

**О. Ю. Шоева^{1,2}, А. А. Егорова^{1,2,3}, В. Д. Зедгенизова², Т. Е. Зыкова^{1,2},
А. Ю. Глаголева², И. В. Тощий², А. М. Короткова^{1,2}, С. В. Герасимова^{1,2,3},
Е. И. Черняк⁴, С. В. Морозов⁴, Е. Хертиг³, И. Кеппель³, Ш. Хикель³, Й. Кумлен³,
Е. К. Хлесткина^{1,2}**

¹ Федеральный исследовательский центр Всероссийский институт генетических ресурсов растений им. Н.И. Вавилова (ВИР), Санкт-Петербург, Россия

² Федеральный исследовательский центр Институт цитологии и генетики Сибирского отделения Российской академии наук (ИЦиГ СО РАН), Новосибирск, Россия, olesya_ter@bionet.nsc.ru

³ Институт генетики растений и исследований сельскохозяйственных культур им. Лейбница, Гатерслебен, Германия

⁴ Новосибирский институт органической химии им. Н.Н. Ворожцова, Новосибирск, Россия

**STUDYING THE FUNCTIONS OF THE GENES CONTROLLING THE SYNTHESIS
OF POLYPHENOLIC COMPOUNDS IN BARLEY GRAIN (*HORDEUM VULGARE* L.)
USING TARGETED MUTAGENESIS**

**O. Yu. Shoeva^{1,2}, A. A. Egorova^{1,2,3}, V. D. Zedgenizova², T. E. Zyкова^{1,2},
A. Yu. Glagoleva², I. V. Totsky², A. M. Korotkova^{1,2}, S. V. Gerasimova^{1,2,3},
E. I. Chernyak⁴, S. V. Morozov⁴, K. Hertig³, I. Koepfel³, S. Hikel³, J. Kumlehn³,
E. K. Khlestkina^{1,2}**

¹ N.I. Vavilov All-Russian Institute of Plant Genetic Resources (VIR), St. Petersburg, Russia

² Institute of Cytology and Genetics of the Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences (IC&G SB RAS), Novosibirsk, Russia, olesya_ter@bionet.nsc.ru

³ Leibniz Institute of Plant Genetics and Crop Plant Research, Gatersleben, Germany

⁴ N.N. Vorozhtsov Novosibirsk Institute of Organic Chemistry, Novosibirsk, Russia

Полифенольные соединения относятся ко вторичным метаболитам растений и выполняют важные функции в физиологии растений. У ячменя антоцианы и меланины, принадлежащие к данной группе соединений, синтезируются в оболочках зерна и помимо важной роли в поддержании состояния покоя семян, защите их от неблагоприятных условий окружающей среды, оказывают существенное влияние на качественные характеристики зерна, определяя его целевое использование. Антоцианы могут синтезироваться в алейроновом слое и перикарпе зерна ячменя, обуславливая его голубую и фиолетовую окраску соответственно, тогда как меланины, синтезируемые в лемме и перикарпии, придают зерну ячменя черный цвет. Как антоцианы, так и меланины характеризуются широкой биологической активностью и востребованы в сортах для функционального питания человека. Управление количественным и качественным составом полифенольных соединений в зерне ячменя является на сегодняшний день актуальным направлением селекции и биотехнологии растений, а гены, контролирующие содержание и состав различных групп полифенольных соединений, рассматриваются в качестве мишеней для метаболической инженерии.

Ранее благодаря сравнительному картированию и поиску по гомологии в геноме ячменя были выявлены гены *Ant2* и *HvMyc2*, кодирующие транскрипционные факторы с доменом bHLH, предположительно, участвующие в регуляции синтез антоцианов в перикарпии и в алейроновом слое зерна ячменя соответственно (Shoeva et al., 2016; Strygina et al., 2019), а с помощью ассоциативного картирования был выявлен ген *Cle3*,

сцепленный с геном *Blp1*, контролирующим черную окраску колоса ячменя (Глаголева, 2022). Для определения функций генов, а также изучения особенностей регуляции полифенольных соединений в зерне ячменя в представленном исследовании с помощью РНК-направленной эндонуклеазы Cas9 были получены мутанты по генам *Ant2*, *HvMyc2* и *Cle3* и проведено их сравнительно исследование с исходными образцами дикого типа.

Для направленной модификации гена *Ant2* у ячменя, имеющего антоциановую окраску зерновки, была создана генетическая конструкция, несущая ген нуклеазы Cas9 и направляющие РНК к трем целевым участкам в кодирующей области гена. В результате агробактериальной трансформации незрелых зародышей гибридов F₂ Golden Promise × P18, имеющих фиолетовую окраску зерновки, было получено 25 мутантных растений T₀, три из которых были использованы для дальнейшего отбора в поколениях T₁–T₂. В результате отбора были получены шесть гомозиготных линии, содержащих делеции различной протяженности в кодирующей области гена *Ant2*, приводящие к сдвигу рамки считывания и нефункциональному фактору транскрипции. В результате нарушений в структуре белка зерно и вегетативные органы всех отобранных линий не имели антоциановой пигментации. Полученные результаты подтверждают роль гена *Ant2* в синтезе антоцианов не только в зерне, но и в вегетативных органах.

Для редактирования гена *HvMyc2* были созданы две генетические конструкции, содержащие ген нуклеазы Cas9 и направляющую РНК к одному из двух целевых участков в кодирующей области гена *HvMyc2*. Активность конструкций была протестирована на протопластах ячменя. С помощью агробактериальной трансформации незрелых зародышей сорта Golden Promise, имеющего неокрашенные зерновки, были получены мутантные растения. В поколении T₀ было выявлено 49 растений с мутациями, восемь из них было использовано для дальнейшего отбора в поколениях T₁–T₄. В поколении T₄ были получены две линии с геном *HvMyc2* дикого типа, по одной линии с делецией четырех нуклеотидов в первом или втором целевом сайтах, делецией 11 нуклеотидов, а также четыре линии с делецией одного нуклеотида. У растений с мутациями, приводящими к восстановлению рамки считывания *HvMyc2* (делеции -1 и -4), были выявлены отличия в накоплении антоцианов от других линий, что было подтверждено с помощью световой микроскопии, биохимического анализа и анализа экспрессии генов биосинтеза антоцианов. С помощью восстановления функции гена *HvMyc2* показана его ключевая роль в синтезе антоцианов в зерне ячменя.

Для редактирования гена *Cle3* были созданы две генетические конструкции, содержащие ген нуклеазы Cas9 и направляющую РНК к двум целевым участкам промотора гена, которые отличались у белозерного и черnozерного образцов ячменя. В результате агробактериальной трансформации незрелых зародышей сорта Golden Promise было получено 20 мутантных растений поколения T₀, семь из которых были использованы для дальнейшего отбора в поколениях T₁–T₄, в результате отбора единичных растений были получены семь линий, среди которых пять линий несли делеции одного, трех, шести и десяти и инсерцию одного нуклеотида по первому сайту, а также две линии с инсерцией одного нуклеотида и делецией двух нуклеотидов по второму сайту. Полученные мутанты были проанализированы по признакам роста и развития, в результате чего между мутантами были выявлены различия в продуктивности, что указывает на участие гена *Cle3* в регуляции роста и развития растений.

Полученные результаты имеют важное фундаментальное значение, а также способствуют решению практических задач, связанных с ускоренным получением новых сортов ячменя с заданными характеристиками с помощью направленного мутагенеза.

Исследование поддержано грантом РФФ № 21-66-00012.

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ CRISPR-CAS9 ДЛЯ РЕДАКТИРОВАНИЯ РАСТЕНИЙ СЕМЕЙСТВА ПАСЛЕНОВЫЕ: ДОСТИЖЕНИЯ И ПРОБЛЕМЫ

А. В. Щенникова, Е. З. Кочиева

Федеральный исследовательский центр «Фундаментальные основы биотехнологии»
Российской академии наук, Москва, Россия, ekochieva@yandex.ru

USING CRISPR-CAS9 IN EDITING SOLANACEAE PLANTS: ACHIEVEMENTS AND CHALLENGES

A. V. Shchennikova, E. Z. Kochieva

Federal Research Center “Fundamentals of Biotechnology” of the Russian Academy of Sciences,
Moscow, Russia, ekochieva@yandex.ru

Семейство Пасленовые включает одни из наиболее важных сельскохозяйственных культур, таких как картофель, томат, табак и др. Методика CRISPR-Cas9 широко используется для редактирования с целью улучшения хозяйственно ценных признаков растений. Доклад будет посвящен современным достижения в области геномного редактирования видов сем. Пасленовые, включая собственные данные.

Мы использовали технологию CRISPR-Cas9 для редактирования гена пластидной крахмалфосфорилазы *PHO1a* в геноме картофеля *Solanum tuberosum* L. и табака *Nicotiana tabacum* L., а также гена фиоиндесатуразы *PDS* в геноме табака.

Внесенная с помощью CRISPR-Cas9-редактирования мутация G261V в функциональный домен белка PHO1a картофеля привела к нарушению морфологии корней и побегов, что являлось следствием изменения содержания крахмала и экспрессии генов метаболизма крахмала в корнях и листьях, в том числе при холодовом стрессе. Растения табака с неполным нокаутом гена *NtPHO1-L1* демонстрировали изменения в содержании углеводов (крахмал, сахароза, глюкоза, фруктоза), хлорофиллов и каротиноидов в листовой ткани проростков, а также в профиле экспрессии генов метаболизма крахмала. Полученные результаты говорят о значимости пластидной крахмалфосфорилазы в метаболизме крахмала и развитии растения, включая фотосинтез и стрессовый ответ.

Трансгенные растения табака с мозаичным нокаутом гена фиоиндесатуразы *PDS* характеризовались измененными сроками цветения, нарушениями морфологии и существенным снижением содержания каротиноидов и хлорофиллов в ткани листа.

В докладе будет уделено внимание некоторым проблемам использования CRISPR-Cas9 при редактировании культур сем Пасленовые, имеющих разные плоидность и тип размножения.

ОСНОВНЫЕ ЭТАПЫ СОЗДАНИЯ НОВОЙ КУЛЬТУРЫ × *TRITITRIGIA*, ДОСТИЖЕНИЯ И ВОЗМОЖНОСТИ ЕЕ ПРИМЕНЕНИЯ В СЕЛЬСКОМ ХОЗЯЙСТВЕ

О. А. Щуклина

Главный ботанический сад им. Н.В. Цицина Российской академии наук, Москва, Россия,
oashuklina@gmail.com

THE MAIN STAGES OF MAKING A NEW CROP OF × *TRITITRIGIA*, ACHIEVEMENTS AND POSSIBILITIES OF ITS APPLICATION IN AGRICULTURE

O. A. Shchuklina

Tsitsin Main Botanical Garden of the Russian Academy of Sciences, Moscow, Russia,
oashuklina@gmail.com

Отдаленная гибридизация имеет огромное значение для современной и будущей селекции, так как с помощью этого метода обогащать генофонд культурных растений получается наиболее эффективно. Однако работа по отдаленной гибридизации имеет свою специфику и свои трудности. Формообразовательные процессы в потомстве протекают более длительное время. Трититригия (× *Trititrigia cziczinii* Tzvel.) – это новый синтетический вид, объединяющий в своем геноме хромосомные комплексы *Triticum* и *Thinopyrum*. Трититригия создавалась академиком Н. В. Цициным и его коллегами как многолетний злак, имеющий хорошую урожайность зерна и высокие хлебопекарные качества, а также обладающий комплексной устойчивостью к биотическим и абиотическим факторам. Свою работу по созданию многолетней пшеницы Николай Васильевич начал в 20-х годах прошлого столетия после встречи с И. В. Мичуриным. В качестве родительских компонентов в многоступенчатых скрещиваниях были задействованы разные виды пшениц и несколько видов дикорастущего злака пырея (*Agropyron* Gaertn. syn. *Elytrigia* Desv., *Thinopyrum* A. Love). Первые фертильные формы пшенично-пырейных гибридов №34085 и №23086 были получены Н. В. Цициным в 1937 году в результате опыления материнских растений сорта яровой пшеницы Саратовская 62 (*Triticum aestivum* L.) пылью *Thinopyrum intermedium* (Host) Barkworth & D.R. Dewey с однократным беккроссом, но пылью озимого сорта Кооператорка (*T. aestivum*). Далее было проведено принудительное самоопыление при помощи пергаментных изоляторов. Первые образцы были двуручками, что значительно снижало их зимостойкость, кроме того, у них была отмечена склонность к самоопылению, из-за которого происходило систематическое расщепление по биологическим и морфологическим признакам. Н. В. Цицин назвал новую культуру «многолетняя пшеница» (*Triticum agropyrotriticum* Cicin). В результате длительной селекционной работы им были выделены устойчивые формы, которые были разделены по ряду хозяйственно ценных признаков на два подвида: subsp. *perenne* Cicin – многолетний и subsp. *submittans* Cicin – отрастающий, или зернокармальной. В современной трактовке многолетняя пшеница называется «трититригия» (× *Trititrigia cziczinii* Tzvel.), по описанию агролога Н. Н. Цвелева, сделанному в 1976 году. Трититригия имеет октоплоидный набор хромосом ($2n = 56$), который является суммой полного хромосомного комплекса от *Triticum aestivum* ($2n = 42$) и *Thinopyrum* (Host) Dewey ($2n = 14$). Отличительными особенностями × *Trititrigia* являются: способность к многократной регенерации после скашивания, созревание сверху вниз, повышенное кущение, высокое качество зерна. Проведенные ранее исследования показали, что × *Trititrigia* является потенциальным источником новых генов устойчивости к различным заболеваниям. Стабильно выровненные по основным морфологическим и биологическим признакам формы удалось получить в отделе отдаленной гибридизации Главного ботанического сада им. Н.В. Цицина РАН только в последние 40 лет. Отличительной

особенностью современных форм трититригии является их способность к строгому самоопылению. В 2020 году × *Trititrigia* внесена в Государственный реестр селекционных достижений как отдельная зерновая культура. Первый сорт трититригии, включенный в Государственный реестр, – Памяти Любимовой (рисунок).



Рисунок. Колос и зерно трититригии (сорт Памяти Любимовой) (фото О.А. Щуклина)

Сорт включен в Госреестр для всех зон возделывания. Тип развития озимый. Куст промежуточный. Продуктивная кустистость высокая. Стебель прочный, соломина полая. Колос цилиндрический, длиной 10–15 см, рыхлый, белый, безостый. Плечо скошенное, зубец прямой. Зерновка средней крупности, окрашенная, удлинненно-овальная. Основание зерновки голое, бороздка средняя. Масса 1000 зерен 31–35 г. Отличительная особенность сорта – интенсивное отрастание новых побегов после созревания и уборки зерна, что позволяет при благоприятных условиях получать за вегетационный период как урожай зерна, так и зеленой массы или до трех укосов только зеленой массы. В условиях Нечерноземной зоны обеспечивает урожайность зерна 3,0–3,9 т/га. Вегетационный период 345–347 дней. Высота растения 135–150 см. Относительно устойчив к полеганию. Зимостойкость и засухоустойчивость очень высокие. При неблагоприятных условиях перезимовки корневая система и узел кущения сохраняют жизнеспособность. При необходимости мука может быть использована для хлебопечения. Содержание сырого протеина в зерне 17,5–18,4 %, сырой клейковины 42,7–43,1 %. Натура зерна 774–800 г/л.



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



Национальный центр
генетических ресурсов
растений



ПРЕЗИДЕНТСКАЯ
БИБЛИОТЕКА



**МЕРОПРИЯТИЕ № 2. РАСШИРЕНИЕ
ГЕНЕТИЧЕСКОГО РАЗНООБРАЗИЯ:
ФУНДАМЕНТАЛЬНЫЕ И ПРИКЛАДНЫЕ
АСПЕКТЫ – ПОСВЯЩАЕТСЯ 125-ЛЕТИЮ СО ДНЯ
РОЖДЕНИЯ Г. Д. КАРПЕЧЕНКО.
СТЕНДОВЫЕ ДОКЛАДЫ**

**EVENT No. 2. EXPANDING GENETIC DIVERSITY:
FUNDAMENTAL AND APPLIED ASPECTS –
DEDICATED TO THE 125TH BIRTHDAY OF
G. D. KARPECHENKO.
POSTER PRESENTATIONS**



ИДЕНТИФИКАЦИЯ ГЕНОВ ФЕНИЛАЛАНИН-АММОНИЙ-ЛИАЗ (*PAL*) В ГЕНОМЕ ЧЕСНОКА (*ALLIUM SATIVUM L.*) И ИХ РОЛЬ В ОТВЕТНЫХ РЕАКЦИЯХ НА АБИОТИЧЕСКИЕ СТРЕССЫ

О. К. Анисимова, М. А. Филюшин

Федеральный исследовательский центр «Фундаментальные основы биотехнологии»
Российской академии наук, Москва, Россия, lelikanis@yandex.ru

IDENTIFICATION OF PHENYLALANINE-AMMONIA-LYASE (*PAL*) GENES IN THE GARLIC (*ALLIUM SATIVUM L.*) GENOME AND THEIR ROLE IN RESPONSES TO ABIOTIC STRESSES

О. К. Anisimova, M. A. Filyushin

Federal Research Center “Fundamentals of Biotechnology” of the Russian Academy of Sciences,
Moscow, Russia, lelikanis@yandex.ru

Фенилаланин-аммоний-лиазы (*PAL*; EC 4.3.1.5) катализируют дезаминирование L-фенилаланина в транс-коричную кислоту, что является первой реакцией в фенилпропаноидном пути. Этот путь является начальным для синтеза большого числа метаболитов, таких как флавоноиды, изофлавоноиды и лигнины. Эти метаболиты критически важны для роста и развития растений. Помимо своей существенной роли в росте и развитии растений, *PAL* также является ключевым ферментом в ответных реакциях растений на абиотические и биотические стрессы. В листьях и луковичах чеснока содержится большое количество различных фенольных соединений, однако путь их биосинтеза у чеснока ранее детально не исследовался. К настоящему времени у чеснока охарактеризованы лишь отдельные члены фенилпропаноидного и флавоноидного путей. Поэтому целью работы была идентификация в геноме чеснока генов фенилаланин-аммоний-лиаз – начальных ферментов пути биосинтеза всех фенольных соединений.

В доступных геномных данных чеснока (*Allium sativum* cv. Ershuizao) нами был проведен поиск генов фенилаланин-аммоний-лиаз. Всего было идентифицировано пять генов *AsPAL*. Один ген располагался на хромосоме 6, остальные гены локализовались кластером на хромосоме 8. Были предсказаны основные физико-химические показатели и клеточная локализация белков *AsPAL*. В промоторных областях генов *AsPAL* проведен анализ содержания *cis*-регуляторных элементов, выявлены элементы, вовлеченные в ответные реакции на различные фитогормоны и стрессовые факторы.

На основе данных транскриптомного анализа *A. sativum* (cv. Ershuizao) было определено, что анализируемые гены *AsPAL* экспрессируются во всех органах растения чеснока, но максимальные уровни экспрессии наблюдаются в корнях. Ген *AsPAL1*, в сравнении с остальными исследуемыми генами *AsPAL* высоко экспрессировался во всех органах чеснока, с максимальными значениями в корнях и проростках.

С помощью ПЦР в реальном времени была исследована динамика экспрессии генов *AsPAL* в корнях и побегах чеснока в ответ на солевой стресс, засуху, холод и обработку фитогормонами (АВА и MeJA). Также исследована динамика содержания фенольных соединений в корнях и побегах чеснока в ответ на анализируемые стрессовые факторы/фитогормоны. В результате показано, что гены *AsPAL* вовлечены в ответные реакции растений чеснока на различные стрессовые факторы.

Работа выполнена при поддержке гранта РФФИ №24-76-10005.

ИЗУЧЕНИЕ УСТОЙЧИВОСТИ ЛИНИЙ ЯЧМЕНЯ, НОКАУТИРОВАННЫХ ПО ГЕНАМ *NUD* И *WIN1*, К ДЕЙСТВИЮ АБИОТИЧЕСКИХ ФАКТОРОВ

Е. В. Антонова¹, Н. С. Шималина^{1,2}, А. М. Короткова^{1,3}, Е. В. Колосовская^{1,3},
С. В. Герасимова^{1,3}, Е. К. Хлесткина^{1,3}

¹ Федеральный исследовательский центр Всероссийский институт генетических ресурсов растений им. Н.И. Вавилова (ВИР), Санкт-Петербург, Россия, selena@ipae.uran.ru

² Институт экологии растений и животных Уральского отделения Российской академии наук, Екатеринбург, Россия

³ Федеральный исследовательский центр Институт цитологии и генетики Сибирского отделения Российской академии наук (ИЦиГ СО РАН), Новосибирск, Россия

ASSESSMENT OF THE TOLERANCE TO ABIOTIC STRESSORS IN BARLEY LINES KNOCKED OUT FOR THE *NUD* AND *WIN1* GENES

E. V. Antonova¹, N. S. Shimalina^{1,2}, A. M. Korotkova^{1,3}, E. V. Kolosovskaya^{1,3},
S. V. Gerasimova^{1,3}, E. K. Khlestkina^{1,3}

¹ N.I. Vavilov All-Russian Institute of Plant Genetic Resources (VIR), St. Petersburg, Russia, selena@ipae.uran.ru

² Institute of Plant and Animal Ecology of the Ural Branch of the Russian Academy of Sciences, Yekaterinburg, Russia

³ Institute of Cytology and Genetics of the Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences (IC&G SB RAS), Novosibirsk, Russia

Гены *NUD* и *WIN1* играют регуляторную роль в организации кутикулы ячменя (*Hordeum vulgare* L.). Так, ген *NUD* кодирует *Apeta1* 2/фактор ответа этилена (AP2/ERF), контролирующей формирование цементирующего слоя между перикарпием, леммами и палеа. Делеция в локусе *HvNUD* приводит к формированию голозерного ячменя. Мутантные по гену *WIN1* (*WAX INDUCER 1*) растения характеризуются дефицитом воска на поверхности листьев, листовых влагалищ и стеблей на стадии колошения. Поскольку кутикула является важнейшим эволюционным приобретением растений для защиты от факторов окружающей среды, нокаут (КО) каждого гена может изменить способность ячменя адаптироваться к неблагоприятным условиям среды.

Предполагаемый плейотропный эффект мутаций генов ячменя *HvNUD* или *HvWIN1* можно оценить при действии разных стрессовых факторов. Поскольку начальные стадии развития являются чувствительными, мы оценили устойчивость *nud* и *win1* КО-линий ячменя к острому γ -облучению, засолению, тяжелым металлам, засухе и низким температурам на стадии проростков в условиях лабораторного культивирования семян. Было оценено более 30 физиологических и морфологических показателей с использованием более 5500 зерен.

В обычных условиях для КО-линий *nud* была характерна низкая по сравнению с КО-линиями *win1* масса семян, корней и проростков, средняя и суммарная длина корней. Соотношение длины вершка к длине корней проростков КО-линий *nud* было выше, чем у *win1* и линии дикого типа (WT). К возможным плейотропным эффектам нокаута гена *HvNUD* при действии стрессоров можно отнести стимулирование роста корней, а гена *HvWIN1* – сохранение высокой длины корней по сравнению с другими линиями, в стабильном уровне изменчивости большинства морфологических показателей и появлении близнецов. Действие разных стрессоров на *nud* и *win1* КО-линии ячменя выявило различия в физиологических эффектах у нокаутированных линий и линии WT.

Работа выполнена в рамках проекта РФФ №21-66-00012 (<https://www.rscf.ru/project/21-66-00012/>).

ИДЕНТИФИКАЦИЯ ГЕНЕТИЧЕСКОЙ УСТОЙЧИВОСТИ К МУЧНИСТОЙ РОСЕ У ОБРАЗЦОВ МУСКАТНОЙ ТЫКВЫ (*CUCURBITA MOSCHATA*)

Ф. А. Беренсен¹, Т. М. Пискунова¹, А. Г. Елацкова², О. Ю. Антонова¹

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

² Федеральный исследовательский центр Всероссийский институт генетических ресурсов растений имени Н.И. Вавилова (ВИР), Кубанская опытная станция – филиал ВИР, Краснодарский край, Россия

IDENTIFICATION OF GENETIC RESISTANCE TO POWDERY MILDEW IN PUMPKIN (*CUCURBITA MOSCHATA*) ACCESSIONS

F. A. Berensen¹, T. M. Piskunova¹, A. G. Elatskova², O. Yu. Antonova¹

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

² N.I. Vavilov All-Russian Institute of Plant Genetic Resources (VIR), Kuban Experiment Station – branch of VIR, Krasnodar Territory, Russia

Тыква мускатная (*Cucurbita moschata* Duch. ex. Poir.) является экономически важным видом, который выращивается во всем мире. *C. moschata* ценятся за свои плоды и семена, которые богаты питательными веществами, витаминами, аминокислотами, флавоноидами, фенольными соединениями и углеводами.

Одним из основных грибных заболеваний мускатных тыкв является мучнистая роса, вызываемая двумя видами гриба *Podosphaera xanthii* (Castagne) U. Braun & Shishkoff и *Golovinomyces cichoracearum* (DC.) V.P. Heluta. Поражение происходит в первую очередь на старых листьях растений, постепенно переходя на более молодые, и является серьезной проблемой для тыквенных культур. В результате заболевания снижается урожайность, качество и вкус плодов, в первую очередь из-за солнечных ожогов и неполного созревания (Perez-Garcia et al., 2008). Традиционно для борьбы с инфекцией используются фунгициды, но высокая устойчивость к обработкам у возбудителей мучнистой росы затрудняет борьбу с болезнью, а также является проблемой для здоровья человека и окружающей среды. В связи с этим поиск генетически устойчивых сортов с использованием маркер-вспомогательной селекции (MAS, marker-assisted selection) представляет собой перспективное направление борьбы с заболеванием.

Устойчивые к мучнистой росе представители вида *C. moschata* до середины XX века были идентифицированы достаточно редко. Передача генетического материала, обеспечивающего устойчивость к мучнистой росе через виды-посредники от диких видов тыквенных культур, была произведена в виды *C. moschata* и *C. pepo* var. *giraumonts* Duch. (кабачок) в 80-х годах XX века (Cohen et al., 2003). Данная область была названа *Pm-0*, и в 2016 году с использованием метода генотипирования путем секвенирования (GBS, Genotyping-by-sequencing) регион *Pm-0* был локализован, и для его идентификации были разработаны CAPS-маркеры NBS_S9_1495924/*Hae*III и S9_1539675/*Msp*I, рекомендованные для использования в маркер-вспомогательном отборе у *C. moschata* и *C. pepo* (Holdsworth et al., 2016). Позднее, в 2020 году, при помощи метода GBS был идентифицирован основной QTL на 3 хромосоме, связанный с устойчивостью к мучнистой росе (Park et al., 2020). В дальнейшем с применением полногеномного поиска ассоциаций (GWAS, Genome-Wide Association Studies) была выявлена аллельная вариация, идентифицированная в гене *StoCh3G009850*, кодирующем AP2-подобный фактор транскрипции, чувствительный к этилену (*StoAP2/ERF*) который достоверно связан с устойчивостью к мучнистой росе (Alavilli et al., 2022). Для гена *StoAP2/ERF* и основного

QTL были разработаны молекулярные маркеры: dCAPS-маркер *SmAP2/ERF/PstI* и indel-маркеры семейства PMR соответственно.

Экспериментальная выборка образцов нашего исследования включала 154 ДНК-пробы, полученные из мировой коллекции тыквенных культур ВИР и образцы селекции Кубанской опытной станции – филиала ВИР контрастные по признаку устойчивости к мучнистой росе. ДНК материал был получен как из индивидуальных образцов, так и методом объединенных bulk-проб с использованием метода СТАВ-экстракции (Антонова и др., 2020). Образцы были представлены как российскими сортами, так и представителями селекции Вьетнама, Индии, Китая, Нидерландов и других стран.

Молекулярный скрининг с использованием Indel-маркера PMR1, сцепленного с QTL устойчивости, позволил выявить только фрагмент 334 п.о. связанный с восприимчивостью к мучнистой росе. Частота встречаемости данного фрагмента среди проб, взятых в исследование, составила 33,9 %. Аллель 180 п.о. маркера *SmAP2/ERF/PstI* связанный с устойчивостью, был выявлен только у одного образца, а аллель восприимчивости 200 п.о. был идентифицирован у всех без исключения образцов. Анализ выборки на наличие маркеров региона *Pm-0* позволил выявить 6 образцов (8,5 % ДНК-проб), несущих ассоциированный с устойчивостью фрагмент 759 п.о. основного маркера NBS_S9_1495924/*HaeIII* (рисунок). У всех остальных образцов были выявлены только фрагменты данного маркера, связанные с восприимчивостью. Вспомогательный маркер S9_1539675/*MspI* позволил выявить только фрагменты, соотнесенные с признаком восприимчивости к заболеванию.

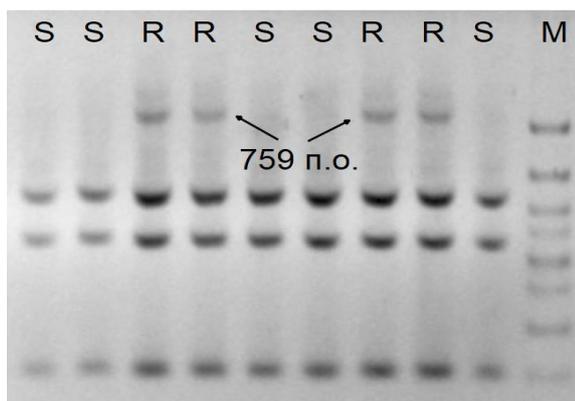


Рисунок 1. Молекулярный скрининг образцов *Cucurbita moschata* с маркером NBS_S9_1495924/*HaeIII*. R – образцы, несущие аллель, ассоциированный с устойчивостью к мучнистой росе; S – образцы с идентифицированным аллелем, связанным с восприимчивостью; M – «маркер длин ДНК 50+ bp» (Евроген, Россия); стрелками отмечен аллель устойчивости 759 п.о.

В результате проведенного скрининга мы показали возможность идентификации региона *Pm-0* у образцов *C. moschata* с использованием основного маркера NBS_S9_1495924/*HaeIII*, а также очень ограниченный потенциал использования dCAPS-маркера *SmAP2/ERF/PstI* гена *SmAP2/ERF* при молекулярном скрининге образцов мускатных тыкв различного происхождения. Полевая оценка по устойчивости образцов мускатной тыквы в нашем исследовании не полностью коррелировала с наличием QTL и генов устойчивости, что может быть объяснено наличием других *R*-генов, контролирующих устойчивость к мучнистой росе.

Благодарности: работа выполнена в рамках Государственного задания FGEM-2022.

БИОХИМИЯ ТРАВЫ ОВСА МОЛОЧНОЙ СПЕЛОСТИ

Т. Н. Бочко¹, Н. А. Огренич², Т. А. Чернова³, А. Ю. Шишов¹

¹ Санкт-Петербургский государственный университет, Институт химии, Санкт-Петербург, Россия

² Барановичский родильный дом, Барановичи, Беларусь

³ Институт биоорганической химии Национальной академии наук Беларуси, Минск, Беларусь, tatiana-susliako@mail.ru

BIOCHEMISTRY OF OAT GRASS AT MILKY RIPENESS

T. N. Bochko¹, N. A. Ogrenich², T. A. Chernova³, A. Yu. Shishov¹

¹ St. Petersburg State University, Institute of Chemistry, St. Petersburg, Russia

² Baranovich Maternity Hospital, Baranovich, Belarus

³ Institute for Bioorganic Chemistry of the National Academy of Sciences of Belarus, Minsk, Belarus, tatiana-susliako@mail.ru

Овес *Avena sativa* L. обладает рядом эффективных лечебных действий на организм благодаря биологически активным соединениям (БАС), содержащимся в этом злаке. Доказано, что БАС овса не оказывают токсического действия в эксперименте на животных и в клинических наблюдениях. Экстракты этого злака при приеме внутрь снижают уровень холестерина низкой плотности, оказывают слабое седативное и слабое мочегонное, обволакивающее и сорбирующее, противовоспалительное, антиоксидантное, антигипоксическое, гипогликемическое, иммуномодулирующее, репаративное и ряд других действий на организм (Кахраманова и др., 2020). В работе проведен фитохимический скрининг водного экстракта травы овса молочной спелости на общее содержание алкалоидов, танинов, гликозидов, полифенолов, флавоноидов, а также определена его антиоксидантная активность.

В работе (Paudel et al., 2021) экстрагировали ряд биологически активных соединений из овса, включая β -глюкан, лигнаны, токолы, фенольные кислоты, стерины и авенантрамиды. Стандартные фитостеролы, содержащиеся в овсе, были идентифицированы как β -ситостерин, ситостанол, Δ^5 -авенастерол, Δ^7 -авенастерол, кампестерол, кампестанол и стигмастерол. Концентрация токотриенола в овсе колеблется примерно от 16 до 36 мкг/г, большую часть которого составляет α -токотриенол (57–69 % от общего количества). В овсе содержится множество фенольных соединений, которые проявляют антиоксидантную активность, их концентрации варьируются примерно от 200 до 870 мкг/г, причем наиболее распространенными являются фенольные кислоты. Две аминокислоты – фенилаланин и тирозин – подвергаются неокислительному дезаминированию с образованием коричной кислоты и п-кумаровой кислоты, которые являются двумя фенольными соединениями, играющими центральную метаболическую роль растения. Установлено, что водные экстракты из овса способствуют восстановлению кишечного микробиома человека, положительно влияют на продукцию ими короткоцепочечных жирных кислот и это, в свою очередь, важное условие физиологической функции кишечника (Bichet et al., 1993). Благодаря содержанию липидов, белков, углеводов, клетчатки, многих витаминов, аминокислот, включая незаменимые, овес широко используется в детском и диетическом питании. Многие фитотерапевты используют растение овса наружно для аппликации при воспалительных кожных заболеваниях. Препараты из овса используют в гомеопатии. Потребление овса во всем мире набирает популярность благодаря его составу и многофункциональным преимуществам отдельных компонентов.

В метаанализе клинических исследований (Amerizadeh et al., 2023) β -глюкан значительно снижает уровни общего холестерина (ОХ) и холестерина липопротеинов

низкой плотности (ХС-ЛПНП), но не триглицеридов (ТГ) и холестерина липопротеинов высокой плотности (ХС-ЛПВП). Компоненты овса (клетчатка, β -глюкан) могут уменьшить накопление жира с помощью нескольких посреднических механизмов, центров головного мозга, регулирующих аппетит, функции желудочно-кишечного тракта, кишечных бактерий, синтеза и метаболизма жиров, а также, возможно, посредством изменений в окислительных процессах, рецепторах стероидных гормонов и васкуляризации жировой ткани (Sirotkin, 2023).

На рисунке представлены полученные нами результаты фитохимического скрининга водного экстракта травы овса в стадии молочной спелости на общее содержание полисахаридов, танинов, гликозидов, алкалоидов, флавоноидов и полифенолов, а также определена его антиоксидантная активность. Таким образом, водный экстракт овса молочной спелости содержит полисахариды, полифенолы, танины и в меньшем количестве – флавоноиды, гликозиды и алкалоиды.

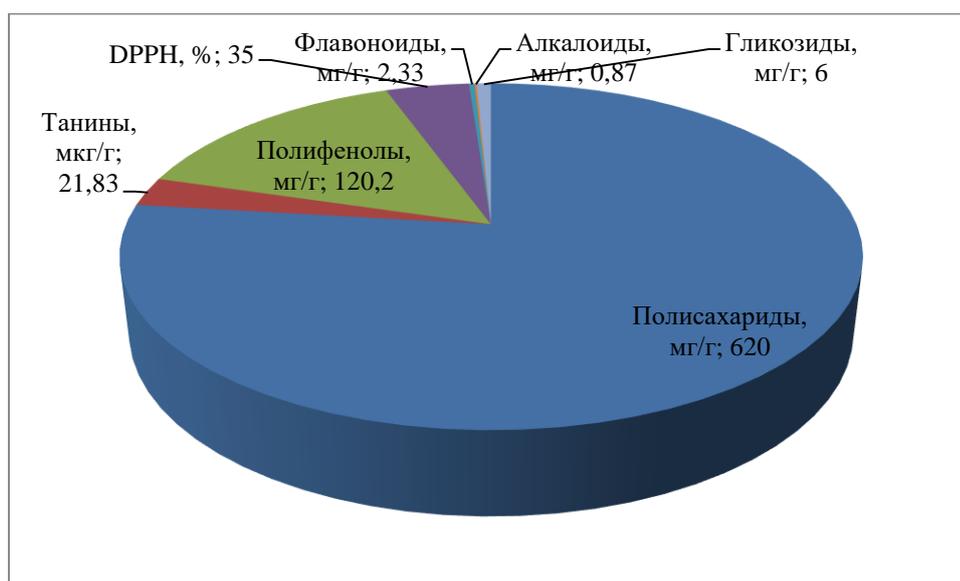


Рисунок. Результаты определения антиоксидантной активности (ДРПН, %) и общего содержания биологически активных веществ в экстракте овса

В работе представлены результаты фитохимического скрининга водного экстракта овса молочной спелости на содержание полисахаридов, алкалоидов, полифенолов, флавоноидов, гликозидов, танинов, а также определена его антиоксидантная активность при использовании разных методов пробоподготовки. Экстрагированные в ходе исследования действующие вещества овса безопасны для организма человека и являются перспективными субстратами для использования их в комплексном лечении многих хронических заболеваний, фитореабилитации после антибактериальной терапии, тяжелой болезни, оперативного вмешательства. С целью снижения смертности и увеличения качества жизни человека, прием водного экстракта из овса молочной спелости можно рекомендовать для утреннего приема с целью лечения и профилактики болезней ЖКТ, ожирения, сердечно-сосудистых и многих эндокринных заболеваний.

Список литературы

Кахраманова С.Д., Боков Д.О., Самылина И.А. Количественное определение полисахаридов в лекарственном растительном сырье // Фармация. 2020. Т. 69, № 8. С. 5-12. DOI: 10/29296/25419218-2020-08-01

Amerizadeh A., Ghaheh H. S., Vaseghi G., Farajzadegan Z., Asgary S. Effect of Oat (*Avena sativa* L.) Consumption on Lipid Profile With Focus on Triglycerides and High-density

Lipoprotein Cholesterol (HDL-C): An Updated Systematic Review // Current Problems in Cardiology. 2023. Vol. 48, iss. 7. Article 101153. DOI: 10.1016/j.cpcardiol.2022.101153

Bichet D. G., Arthus M. F., Lonergan M. et al. X-linked nephrogenic diabetes insipidus mutations in North America and the Hopewell hypothesis // Journal of Clinical Investigation. 1993. Vol. 92, iss. 3. P. 1262-1268. DOI: 10.1172/JCI116698

Paudel D., Dhungana B., Caffè M., Krishnan P. A. Review of Health-Beneficial Properties of Oats // Foods. 2021. Vol. 10, iss. 11. Article 2591. DOI: 10.3390/foods10112591

Sirotkin A. V. The Effect of Dietary Oat Consumption and Its Constituents on Fat Storage and Obesity // Physiological Research. 2023. Vol. 72 (Suppl. 2). P. S157-S163. DOI: 10.33549/physiolres.934957

ХАРАКТЕРИСТИКА УСТОЙЧИВОСТИ КОЛЛЕКЦИОННЫХ ОБРАЗЦОВ ОВСА К ПЬЯВИЦЕ КРАСНОГРУДОЙ (*OULEMA MELANOPUS* L.) В УСЛОВИЯХ СТЕПНОЙ ЗОНЫ КРАСНОДАРСКОГО КРАЯ

Н. П. Войцуцкая¹, И. Г. Лоскутов²

¹ Федеральный исследовательский центр Всероссийский институт генетических ресурсов растений имени Н.И. Вавилова (ВИР), Кубанская опытная станция – филиал ВИР, Краснодарский край, Россия, voysuckaya63@mail.ru

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

CHARACTERIZING THE RESISTANCE OF OAT ACCESSIONS TO THE CEREAL LEAF BEETLE (*OULEMA MELANOPUS* L.) UNDER THE CONDITIONS OF THE STEPPE ZONE OF KRASNODAR TERRITORY

N. P. Voitsutskaya¹, I. G. Loskutov²

¹ N.I. Vavilov All-Russian Institute of Plant Genetic Resources (VIR), Kuban Experiment Station – branch of VIR, Krasnodar Territory, Russia, voysuckaya63@mail.ru

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

Красногрудая пьявица (*Oulema melanopus* L.) – опасный вредитель, существенно снижающий урожайность зерновых культур. Ареал распространения вредителя охватывает территорию с умеренно континентальным климатом, но наиболее вредоносен он в южных регионах. Красногрудая пьявица считается основным вредителем овса в Краснодарском крае. Снижение урожайности неустойчивых сортов может достигать 48–50 %. Защита посевов от вредителя складывается из применения инсектицидов и возделывания устойчивых сортов. Применение химических средств защиты растений, которые предусматриваются в современных технологиях сельскохозяйственных культур, связано не только с огромными затратами средств на их приобретение, но и, самое главное, с отрицательным воздействием на окружающую среду, нарушением экологического равновесия в агроэкосистемах и агроландшафтах. Наряду с вредными насекомыми, от пестицидов зачастую погибают и полезные существа, рвутся ценотические связи. Помимо этого, химический метод защиты растений не всегда гарантирует ожидаемый результат. В решении проблемы создания устойчивых к вредителям сортов овса огромное значение имеет подбор исходного материала и поиск новых источников устойчивости. В 2014–2019 гг. на полях Кубанской опытной станции – филиале Всероссийского института генетических ресурсов растений имени Н.И. Вавилова (ВИР) было изучено 307 образцов овса коллекции ВИР из 32 государств различного эколого-географического происхождения. Закладку опытов, фенологические наблюдения, полевые учеты проводили в соответствии с «Методическими указаниями по изучению мировой коллекции ячменя и овса» (2012), а также, руководствуясь «Международным классификатором СЭВ рода *Avena* L.» (1984). Почва экспериментального поля – слабовыщелоченный чернозем, сформированный на карбонатном суглинке. Предшественник овса – горох на зерно. Площадь делянки составляла 2 м².

Учет повреждения коллекционных образцов овса пьявицей проводился в межфазный период «выход в трубку – выметывание» при естественном заселении вредителем. Для определения устойчивости к повреждению листьев использовали 9-балльную Международную шкалу устойчивости:

- 1 – устойчивость очень низкая – повреждение более 40 % растений;
- 3 – устойчивость низкая – поражение 26–40 % растений;
- 5 – устойчивость средняя – поражение 16–25 % растений;
- 7 – устойчивость высокая – поражение 6–15 % растений;

9 – устойчивость очень высокая (поражение отсутствует) – поражение не более 5 % растений.

Вредоносность пьявицы варьировала по годам и наиболее сильно проявилась в 2018 и 2019 г. Развитию популяции фитофага способствовали высокая температура и низкая влажность воздуха, а массовое размножение на посевах овса позволило оценить коллекционные образцы на устойчивость к вредителю. Средний балл поражения за годы исследования – 4,8. Размах варьирования устойчивости образцов к пьявице – от 1 до 9 баллов. Устойчивость стандарта Валдин 765 – 3 балла. Доля образцов, имеющих очень высокую полевую устойчивость к пьявице (количество пораженных растений в популяции не более 5 %), составила 2,9 % от числа изученных, группа устойчивых сортов составила 17,0 %, самой многочисленной была группа сортов, имеющих среднюю устойчивость (72,5 %), низкую устойчивость показали 17,0 % образцов, доля сортов с очень низкой устойчивостью была малочисленной и составила 1,6 % от числа изученных. Наименьшая устойчивость (1–3 балла) отмечена у 57 образцов. Среди них UFRGS 08608 (Бразилия), Burnett (США), Чакал (Белоруссия), Minue (Франция). Устойчивость (7–9 баллов) проявили 29 образцов, это пленчатые сорта и линии: Позднеспелый (Ленинградская обл.), У-77/14 (Ульяновская обл.), 2 СП-149-14 (Московская обл.), Rajtar (Германия), URS Corona, URS Taura, URS Brava, UFRGS 21, UFRGS 22, UFRGS 881920, UFRGS 884070 (Бразилия), Кулан, Донен (Казахстан), Ervin (Австрия), IAH, Santa Fe, Clintland 60, Doodge (США), Zhang Yan 4, Hull-Less (Китай), Joanette (Франция), Mini AG 313 (Япония), Местный (Эфиопия); голозерные образцы Визит (Ульяновская обл.), У-113/14 (Ульяновская обл.), Ning Yan 1 (Китай), Местный (Великобритания). Наиболее урожайными за годы исследований из этих образцов были пленчатые образцы Ervin (Австрия), Zhang Yan 4 и голозерный Ning Yan 1 (Китай), которые превысили урожайность стандартных сортов на 3–30 %. Ряд сортов сочетали устойчивость к поражению пьявицей и высокие показатели по элементам продуктивности это У-113/14 (Ульяновская обл.), Santa Fe (США), UFRGS 21 (Бразилия), Ning Yan 1 (Китай), Goanette (Франция). Сорта Позднеспелый (Ленинградская обл.), У-77/14, У-53/14, У-113/14 (Ульяновская обл.), Донен, Кулан (Казахстан), URS Corona, URS Brava (Бразилия), Goanette (Франция), Santa Fe, Clintland (США) были устойчивы к корончатой и стеблевой ржавчине. Между степенью повреждения листьев овса были выявлены отрицательные взаимосвязи с числом продуктивных метелок $r = -0,12$, озерненностью $r = -0,22$, массой 1000 зерен $r = -0,31$, длиной метелки $r = -0,4$. В результате изучения коллекционного материала были выделены образцы овса, устойчивые к красногрудой пьявице, которые могут быть перспективны в качестве источника устойчивости к вредителю. Особый интерес представляют образцы, сочетающие и другие хозяйственно ценные признаки.

ПЕРСПЕКТИВЫ ВОЗДЕЛЫВАНИЯ НУТА И ГОРОХА В УСЛОВИЯХ СУХОСТЕПНОЙ ЗОНЫ АКМОЛИНСКОЙ ОБЛАСТИ

А. Ж. Габдола, Б. К. Аринов, Г. Ж. Хасанова, А. А. Зайлашева
Казахский агротехнический исследовательский университет имени С. Сейфуллина,
Астана, Казахстан, for_work_15@mail.ru

PROSPECTS OF CHICKPEA AND PEA CULTIVATION UNDER THE CONDITIONS OF THE DRY STEPPE ZONE IN AKMOLA REGION

A. Zh. Gabdola, B. K. Arinov, G. Zh. Khassanova, A. A. Zailasheva
S. Seifullin Kazakh Agro Technical Research University, Astana, Kazakhstan,
for_work_15@mail.ru

Зернобобовые культуры являются важным аспектом развития устойчивого сельского хозяйства. С экономической точки бобовые занимают второе по значимости место после злаковых (Poaceae). Благодаря устойчивости к экстремальным климатическим условиям, способности улучшать почву и экономической выгоде, нут и горох могут стать важной культурой для фермеров региона, что делает их привлекательными для возделывания на севере Казахстана. Дальнейшие исследования в области селекции и агротехнологий необходимы для повышения эффективности возделывания гороха в условиях меняющегося климата и рынка сельскохозяйственной продукции. Так как климат Акмолинской области отличается резкой континентальностью, посевы требуют диверсификации. В связи с этим перспективы возделывания нута и гороха в условиях сухостепной зоны Акмолинской области выглядят весьма обнадеживающе. На сегодняшний день в Государственный реестр селекционных достижений, рекомендуемых к использованию в Республике Казахстан, включено 35 сортов гороха и 12 сортов нута, из них только 11 сортов гороха и 2 сорта нута районированы в Акмолинской области. Это свидетельствует о том, что селекция зернобобовых для северных регионов является актуальной. Горох восприимчив к полеганию из-за особенностей роста, которые зависят от усиков, используемых в качестве опоры. Полегание увеличивает потери урожая при уборке. Детерминантные формы гороха более устойчивы к полеганию по сравнению с индетерминантными. Поэтому изучение признака полегаемости и получение детерминантных форм гороха является актуальным вопросом. В свою очередь на увеличение производства гороха на севере негативно влияют абиотические факторы. В связи с этим важно проведение исследований для внедрения новых высокоурожайных, устойчивых к абиотическим и биотическим факторам сортов. Для решения всех этих вопросов в настоящее время в селекции используются такие современные методы, как использование молекулярных маркеров, которое обеспечит дешевый и крупномасштабный скрининг отдельных особей для отбора желаемых генотипов и сделает массовую селекцию гороха более широкой, полезной и эффективной, а также рентабельной в будущем. Подход МОС можно использовать для картирования генов и характеристики сложных признаков без особых усилий. Цикл размножения будет сокращен, и потомство будет отобрано в любое время года, поскольку МОС позволяет проводить отбор на ранней стадии развития растений. Обладая полным знанием последовательности генома культуры гороха, можно разработать маркеры, связанные с различными желаемыми признаками, и в дальнейшем использовать их в селекции для выведения улучшенных и новых сортов. С этой целью в условиях сухостепной зоны Акмолинской области изучаются сортообразцы и гибриды нута и гороха для отбора перспективных линий. Проводятся молекулярно-генетические исследования: для выявления генов длины стебля *Le*, контролирующего длину междоузлий у растений гороха и *Dreb*-гены засухоустойчивости у растений нута. Данное исследование

проводится при поддержке Комитета науки Министерства науки и высшего образования Республики Казахстан (ИРН АР 23489305).



Рисунок. Научные исследования докторантов в полевых условиях и в лаборатории

АДАПТИВНОСТЬ СОРТОВ ЯРОВОЙ ПШЕНИЦЫ

Т. Г. Голова, И. Н. Чвилева

Воронежский федеральный аграрный научный центр им. В.В. Докучаева, Воронежская область, Россия, niish1c@mail.ru

ADAPTABILITY OF SPRING WHEAT CULTIVARS

T. G. Golova, I. N. Chvileva

Voronezh Federal Agrarian Research Center named after V. V. Dokuchaev, Voronezh Province, Russia, niish1c@mail.ru

Яровая мягкая пшеница является в ЦЧЗ самостоятельной и страховой продовольственной культурой. Твердая пшеница – высококачественное сырье для макаронной и кондитерской промышленности. Мягкая пшеница возделывается повсеместно, на ее долю посевов приходится около 90 % всех посевных площадей яровой пшеницы в виду большей пластичности и лучшей приспособленности к почвенно-климатическим условиям. Твердая яровая пшеница в отдельные годы занимает 10–15 % всей площади посевов яровой пшеницы и считается более требовательной культурой для возделывания. Площади посевов яровой пшеницы за последние годы значительно выросли. Если в период 2017–2020 гг. площадь посева по Воронежской области составила 33,1–66,6 тыс. га, то в 2023 г. – 141,8 тыс. га. В посевах яровой пшеницы Воронежской области основные площади занимает сорт Дарья белорусской селекции, большие площади занимают сорта фирмы КВС: Торридон и Тризо. Всего на сорта отечественной селекции приходилось в 2023 г. 55,7 % площади посева, на сорта иностранной селекции – 44,3 %. Таким образом, востребованность культуры аграриями и низкая доля отечественных сортов в общей площади посева определяет актуальность селекции яровой пшеницы в ЦЧЗ. Изучение сортов яровой мягкой и твердой пшеницы различного происхождения проведено в центральной части Воронежской области (ФГБНУ «НИИСХ ЦЧП») в 2021–2024 годах. Почва селекционного севооборота представлена типичным черноземом среднесуглистым, среднегумусным. Метеорологические условия проведения опытов за периоды вегетации 2021–2024 гг. были разнообразными, характеризовались засушливыми периодами с аномально высокими температурами в разные фазы вегетации, отмечались условия избыточного увлажнения почвы перед посевом 2023 г. и холодные дни майской вегетации в 2022 г. Период вегетации 2024 г. сложился крайне неблагоприятно: посевы в период кущения повредились морозом (–6... –7 °С), затем наблюдался засушливый период до колошения (ГТК 0,48). Таким образом, метеоусловия вегетационных периодов ячменя за 2021–2024 гг. объективным образом характеризуют спектр разнообразия погодных условий центральной части Воронежской области.

Учитывая особенности региона и изменение климатических условий вегетации полевых культур, селекционерам приходится создавать принципиально новые стрессоустойчивые сорта яровой пшеницы. Вопрос подбора пар для гибридизации занимает ведущее место по значимости в селекционном процессе. Коллекционные образцы яровой пшеницы были проанализированы за годы изучения в разрезе трех групп: мягкая – российские сорта (36 образцов), мягкая – сорта иностранной селекции (32 образца), яровая твердая пшеница (23 – российские, 8 – иностранные сорта), учетная площадь делянки – 1 м². Анализ сортов по группам проведен по методикам Б. А. Доспехова (1985) и В. З. Пакудина (1984).

Как видим на рисунке, урожайность сортов отечественной селекции яровой мягкой пшеницы за годы изучения однозначно превышает уровень сортов иностранной селекции на 33,4–216,9 г/м². Урожайность сортов твердой пшеницы была ниже, особенно в 2022 г. (223,2 г/м²), когда холодная погода в мае и жаркая, но дождливая в июне негативно

повлияла на формирование элементов продуктивности твердой пшеницы в большей степени, чем мягкой. Посев в 2023 г. был произведен в очень хорошо увлажненную почву, что способствовало сильному кущению твердой пшеницы. Поэтому сорта мягкой и твердой пшеницы сформировали практически равную урожайность: 413,1 и 411,5 г/м², соответственно. Наиболее неблагоприятно, как сказано выше, сложился 2024 год. Хотя в целом сорта мягкой пшеницы значительно более сильно повредились морозом, чем твердой, однако продуктивное кущение у них было выше. В результате урожайность у сортов мягкой пшеницы была значительно выше, чем твердой: 407,1 и 274,0 г/м² соответственно. Сорта мягкой пшеницы иностранной селекции в экстремальном 2024 г. вследствие перенесенных морозов и последующей жесткой засухи показали минимальную урожайность за годы изучения: 190,2 г/м².

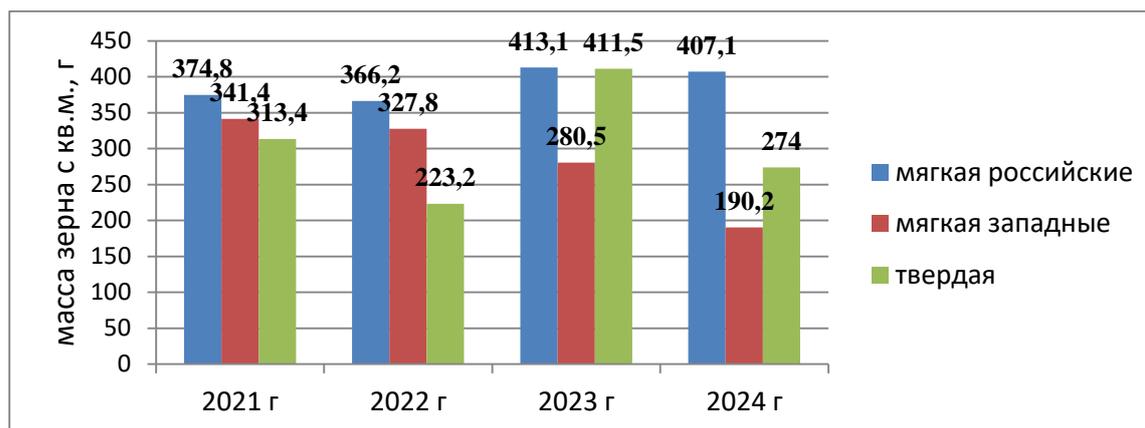


Рисунок. Урожайность сортов яровой мягкой и твердой пшеницы по годам.
 НСР₀₅ – 2021 г. – 27,3 г; 2022 г. – 35,1 г; 2023 г. – 40,6 г; 2024 г. – 61,7 г.

В условиях недостаточного и неустойчивого увлажнения урожайность сортов, особенно инорайонного происхождения, необходимо рассматривать только в связи с дополнительными показателями пластичности (b_i) и стабильности (Hom), которые характеризуют качественную сторону продукционного процесса. В конкретных условиях применения сорта важно знать степень отзывчивости генотипа на оптимизацию факторов и его адаптивные свойства в экстремальных условиях. Более высокую продуктивность, чем у стандартного сорта Воронежская 18 (422,5 г/м²) в среднем за четыре года показали сорта мягкой пшеницы: Ситара (Татарстан), Экада 113 (Ульяновская обл.), Сибирская 155 (Омская обл.): 425,0–449,5 г/м². Сорта Ситара и Сибирская 155 показали средний уровень пластичности ($b_i = 1,2-1,3$) и высокую гомеостатичность ($Hom = 34,7-44,6$), сорт Экада 113 был высоко отзывчивым на улучшение условий ($b_i = 2,5$) и в средней степени стабильным ($Hom = 12,8$). Лучшими по продуктивности из иностранных сортов мягкой пшеницы были: Passat (Германия), Quatro (Италия), Eufrates (Португалия) – 347,5–356,5 г/м², однако проявляли очень низкую стабильность показателя продуктивности по годам: $Hom = 4,0-6,5$. Из сортов твердых пшениц незначительно превысили по урожайности стандарт Донская элегия (358,0 г/м²) образцы: Лилек (Краснодарский кр.), который обладает высокой пластичностью и низкой стабильностью признака; а также Алтайский янтарь и Воронежская 13, характеризующиеся как среднепластичные и высокостабильные сорта, продуктивность зерна составила 368,0–373,8 г/м². Из иностранных сортов уровень продуктивности приблизился к стандарту у сорта итальянской селекции Milani 1 – 355,2 г/м².

Таким образом, выделенные по продуктивности сорта яровой пшеницы разных биотипов с учетом показателей пластичности и стабильности в условиях Воронежской области будут привлечены в эколого-географические скрещивания с целью создания новых продуктивных и адаптированных сортов для условий недостаточного и неустойчивого увлажнения.

ВИРУС-ОПОСРЕДОВАННОЕ CRISPR-CAS9-РЕДАКТИРОВАНИЕ ГЕНА *PDS* У *NICOTIANA BENTHAMIANA*

М. В. Дмитриева^{1,2}, А. В. Полховский^{1,2}, И. В. Киров^{1,2}, Р. А. Комахин¹

¹ Всероссийский научно-исследовательский институт сельскохозяйственной биотехнологии, Москва, Россия

² Московский физико-технический институт, Долгопрудный, Россия,
dmitrievamarina10@yandex.ru

VIRUS-MEDIATED CRISPR-CAS9 EDITING OF THE *PDS* GENE IN *NICOTIANA BENTHAMIANA*

M. V. Dmitrieva^{1,2}, A. V. Polkhovsky^{1,2}, I. V. Kirov^{1,2}, R. A. Komakhin¹

¹ All-Russia Research Institute of Agricultural Biotechnology, Moscow, Russia

² Moscow Institute of Physics and Technology, Dolgoprudny, Russia,
dmitriamarina10@yandex.ru

Целенаправленное редактирование генов с использованием генно-инженерных методов все больше входит в лабораторную практику. Система CRISPR-Cas9 является одной из наиболее часто применяемых систем редактирования для широкого круга организмов. На сегодняшний день редактирование растительного генома с помощью данной системы осуществляется в подавляющем большинстве при предварительном получении линий растений, несущих в своем геноме ген нуклеазы Cas9 и sgRNA. Однако данный подход имеет ряд ограничений. Использование системы вирус-опосредованного CRISPR-Cas9 мутагенеза выбранного гена является перспективным методом для современной науки, не требующим получения трансгенных растений.

Некоторые растительные вирусы, например, вирус пятнистого увядания томатов (TSWV), способны вместить в свой геном полную систему редактирования CRISPR-Cas9. Данный РНК-вирус способен заражать широкий круг сельскохозяйственных растений, таких как томаты, перцы и другие культуры, и потенциально может быть использован для направленного мутагенеза в них. Редактирование генов, вызванное вирусами (VIGE), становится ветвью биологического мутагенеза, который подразумевает использование природных мутагенов, таких как мобильные элементы и вирусы, для расширения генетической изменчивости современных культур. Эта технология предлагает значительный потенциал для улучшения желаемых признаков в сельском хозяйстве и получения новых сортов культур в короткие сроки.

Нами была продемонстрирована успешная доставка системы CRISPR-Cas9 с помощью вируса TSWV в растения *Nicotiana benthamiana* Domin для редактирования гена фитоиндесатуразы (*PDS*). Изменения в данном гене были детектированы при анализе T7 эндонуклеазой и при секвенировании по Сэнгеру. Также были получены регенерантные растения из зараженных системной инфекцией листьев с нокаутом как всех аллелей гена *PDS*, так и гетерозиготные растения, которые затем были успешно пересажены в почву для получения семян следующего поколения. Нами также были оптимизированы условия вирусного заражения и последующего выращивания растений.

***LUPINUS POLYPHYLLUS* L. В КОЛЛЕКЦИИ ВИР: РАСПРОСТРАНЕНИЕ И ИСПОЛЬЗОВАНИЕ.**

Г. П. Егорова

Федеральный исследовательский центр Всероссийский институт генетических ресурсов растений имени Н.И. Вавилова (ВИР), Санкт-Петербург, Россия, g.egorova@vir.nw.ru

***LUPINUS POLYPHYLLUS* L. IN THE VIR COLLECTION: DISTRIBUTION AND UTILIZATION**

G. P. Egorova

N.I. Vavilov All-Russian Institute of Plant Genetic Resources (VIR), St. Petersburg, Russia, g.egorova @vir.nw.ru

Люпин многолистный (*Lupinus polyphyllus* L.) – многолетнее растение семейства бобовые (Fabaceae Lindl.). Естественный ареал вида простирается от Аляски (США) и Британской Колумбии (Канада) до северной части Калифорнии. В Европу был завезен в середине XIX века. В России появился в начале XX в., широкое распространение получил в 1960-х гг. В настоящее время на территории России считается инвазивным видом.

Вид внесен в Черные книги флоры Средней России и Сибири. В 2012 г. включен в список «наблюдаемых видов» (observation list) Европейской и Средиземноморской организации по карантину и защите растений. В России распространен в европейской части (в основном на Северо-Западе и в центре) и в Сибири. На Дальнем Востоке находки люпина на данный момент времени единичны: вид встречен на Камчатке и Сахалине.

В то же время люпин многолистный имеет важное хозяйственное значение благодаря неприхотливости к почвенно-климатическим условиям, раннему созреванию семян, высокому коэффициенту размножения, хорошей урожайности зеленой массы и долголетию. Зеленая масса относится к высокопитательным сочным кормам, обладающим хорошей переваримостью. В ней содержится 16–18 % белка и до 14 % сахара, что позволяет получать силос высокого качества. В соломе содержится до 7 % белка, что свидетельствует о более высокой ее кормовой ценности по сравнению с соломой хлебных злаков. Зерно, содержащее 40–49 % белка, 12 % углеводов и 5,5–6,0 % жира, лучше скармливать в размолотом или дробленом виде в смеси с другими концентрированными кормами. Белок по содержанию таких критических аминокислот, как триптофан, лизин и др., превосходит другие зернобобовые культуры. Семена содержат витамины группы В и каротин. Кроме того, вид может использоваться для укрепления оврагов и песков, защиты молодых садов и лесных насаждений от стравливания. Особенно необходимо отметить декоративное значение люпина многолистного.

В коллекции ВИР насчитывается 152 образцов люпина многолистного. Основные страны, из которых получен материал, – Великобритания, Нидерланды, Германия, Канада, Швеция и Россия. По статусу, это в основном дикие формы. Однако присутствуют и сорта, и селекционный материал. Селекционный материал поступал в основном из Беларуси и Украины. В России, на базе ВИР, велись селекционные работы по созданию безалкалоидных сортов. Сорт Первенец был включен в Госреестр селекционных достижений в 1997 г. Образцы поступали в коллекцию по выписке из научных учреждений России и зарубежья, и из экспедиций. Первые образцы поступили в 1915 году. В дальнейшем значительный объем был получен с 1923 по 1927 г., это были семена, присланные по запросу Н. И. Вавилова из различных семеноводческих фирм и ботанических садов Европы. Также в 1927 г. из Испании Вавиловым привезен образец люпина многолистного. В это же время по выписке приходит материал из Канады и США. Во второй половине XX века многочисленные экспедиции по России собирают ценные образцы в различных климатических зонах. В частности, из экспедиций ВИР в коллекцию

поступали семенные образцы от Калининграда, пос. Дружба (54.490151, 21.198498) до Башкортостана, Суражский р-н (54.845, 56.973), из Мурманской обл. (66.394604, 36.597063) и Усть-Кана, Алтайский край (50.929389, 84.762272). Собранные образцы отличаются значительной биомассой, высоким содержанием белка, устойчивостью к болезням и вредителям. В результате исследований установлено, что люпин многолистный выдерживает заморозки до -6°C и относится к I и II группе устойчивости. Образцы из Литвы и Германии показали 100-процентную выживаемость при понижении температуры до отрицательных значений. Люпин многолистный отличается высоким содержанием белка, как в семенах, так и в зеленой массе. Содержание белка в семенах изменяется от 41 до 49 %. Также семена отличаются сбалансированным аминокислотным составом.

Таким образом, несмотря на то что люпин многолистный включен в список сорных растений, он может служить ценным источником белка в питании сельскохозяйственных животных, использоваться как сидерат для улучшения и оздоровления почвы. А также необходимо отметить его декоративные свойства и шире использовать в ландшафтном дизайне.



РЕЗУЛЬТАТЫ СЕЛЕКЦИИ ЯРОВОГО ЯЧМЕНЯ ДЛЯ УСЛОВИЙ ЮГО-ВОСТОКА ЦЕНТРАЛЬНО-ЧЕРНОЗЕМНОГО РЕГИОНА

Л. А. Ершова, Т. Г. Голова

Воронежский федеральный аграрный научный центр им. В.В. Докучаева, Воронежская область, Россия, niish1c@mail.ru

THE RESULTS OF SPRING BARLEY BREEDING FOR THE CONDITIONS OF THE SOUTHEAST OF THE CENTRAL BLACK EARTH REGION

L. A. Ershova, T. G. Golova

Voronezh Federal Agrarian Research Center named after V.V. Dokuchaev, Voronezh Province, Russia, niish1c@mail.ru

Формирование высоких и устойчивых урожаев ярового ячменя в почвенно-климатических условиях юго-востока Центрально-Черноземного региона ограничивается значительными колебаниями температуры воздуха, а также недостаточным и неравномерным увлажнением в течение вегетации. В 2003 году был передан на ГСИ и с 2007 года районирован по 5 региону сорт ярового ячменя Таловский 9. Сорт с потенциальной урожайностью 7,2 т/га, характеризуется крупным высокобелковым зерном, высокой засухоустойчивостью, устойчивостью к головневым болезням, высокой выносливостью к корневым гнилям и скрытостебельным вредителям. В настоящее время занимает более 7 % посевных площадей. Сорт высокорослый и недостаточно устойчив к полеганию. В условиях недостаточного увлажнения и нарастающей аридности климата Центрально-Черноземного региона, особенно в наиболее проблемной ее юго-восточной части, основным направлением селекционной работы с ячменем, наряду с повышением продуктивности и качества зерна, стало повышение жаростойкости и адаптивного потенциала новых сортов.

Адаптация всегда связана с отдельными элементами структуры урожая – плотностью стеблестоя, озерненностью колоса и массой зерновки. Важным элементом экологической пластичности сорта является его устойчивость к полеганию стебля и устойчивость к болезням. Один из наиболее важных показателей адаптивности ярового ячменя – засухоустойчивость – сопряжен с быстрым начальным стартовым ростом растений и более коротким периодом от всходов до колошения. Но скороспелые сорта лишены возможности использовать поздние весенние осадки, характерные для погодных условий региона. Наибольшей продуктивностью в условиях Каменной Степи обладают, как правило, среднеранние и среднеспелые сорта с продолжительностью вегетационного периода от всходов до колошения 42–44 и 45–47 дней. В Центрально-Черноземной полосе нельзя сильно снижать высоту растений, поскольку частые весенние и раннелетние (май – первая декада июня) засухи приводят не только к снижению общей и продуктивной кустистости, но и значительному снижению высоты растений, что существенно затрудняет уборку. Оптимальной высотой является средняя высота 65–75 см. Для решения этих проблем в селекционных программах в качестве исходного материала использовались приспособленные к местным природным факторам географически отдаленные сорта степной, лесостепной и западноевропейских групп.

В результате был получен селекционный материал, сочетающий средние и среднеранние сроки вегетации с растянутым периодом всходы-колошение, отличающийся высокой густотой продуктивного стеблестоя и низкой высотой растения (на уровне западноевропейских сортов). Так, если высота растений сорта Таловский 9 составляет, в среднем 80,6 см, наиболее распространенного по посевным площадям сорта Приазовский 9 – 73,5 см, то у сортов нового поколения она колеблется от 64,0 до 68,2 см. Продуктивный стеблестой сорта Таловский 9 равен 745 шт./м², у новых сортов он

составляет 821–956 шт./м². Высокий продуктивный стеблестой новые сорта сочетают с высокой озерненностью колоса и крупностью зерна.

За последние 20 лет в ФГБНУ «Воронежский ФАНЦ имени В.В. Докучаева» создано 11 сортов. Из них два сорта внесены в реестр допущенных к использованию сортов – Икорец по Центрально-Черноземному региону и Курлак по Средневолжскому региону, 2 сорта (Бирюч и Осередь) проходят сортоиспытание и 2 сорта (Олымь и Данило) переданы на ГСИ.

Икорец – среднеспелый, засухоустойчивый, низкорослый (68,0 см). Продуктивный стеблестой в среднем составляет 844 шт./м², число зерен в колосе – 18,3 шт. Средняя масса 1000 зерен 48,4 г. Зерно сорта по содержанию в зерне крахмала – 55,0 % и белка – до 11,8 %, относится к группе пивоваренных. Средняя урожайность в регионе составила 4,57 т/га. В Воронежской области прибавка к стандарту Приазовский 9 составила 0,69 т/га при урожайности 3,49 т/га. Максимальная – 7,59 т/га получена в Государственном испытании в Курской области. Устойчив к полеганию. Устойчив к пыльной головне, мучнистой росе, корневым гнилям и стеблевой ржавчине.

Курлак – среднеспелый, засухоустойчивый, зернофуражный. Растение короткостебельное (65,7 см), продуктивный стеблестой – 870 шт./м², число зерен в колосе – 17,4 шт. Зерно крупное, высокой выравненности, массой 44,1–53,0 г. Средняя урожайность по Средневолжскому региону составила 3,54 т/га. Максимальная – 6,21 т/га получена в Республике Татарстан. Устойчив к полеганию. Устойчив к пыльной головне и корневым гнилям, восприимчив к полосатой пятнистости.

Бирюч – среднеспелый, засухоустойчивый, фуражного и крупяного направления. Низкорослый (64,0 см), продуктивный стеблестой – 870 шт./м², число зерен в колосе – 17,4 шт. Зерно крупное, высокой выравненности, массой 44,1–53,0 г., устойчивость к полеганию в провоцирующих условиях выше средней. Максимальная урожайность составила 4,31 т/га в условиях Воронежской области в 2021 году, при урожайности стандарта Приазовский 9 – 3,24 т/га. В экологическом изучении в условиях Курской области новый сорт сформировал урожайность 3,42 т/га, что на 1,1 т/га выше стандартного сорта Суздалец.

Осередь – среднеспелый, засухоустойчивый, пивоваренного и крупяного направления. Низкорослый (66,5 см), продуктивный стеблестой – 821 шт./м², число зерен в колосе – 19,7 шт. Зерно средней крупности, высокой выравненности, массой 40,2–44,0 г, устойчивость к полеганию во влажных условиях выше средней. Максимальная урожайность составила 5,45 т/га в условиях Воронежской области в 2022 году, при урожайности стандартного сорта Приазовский 9 – 4,8 т/га.

Олымь (сорт передан совместно с ФГБНУ «Курский ФАНЦ») – среднеспелый, фуражного направления, обладает высокой засухоустойчивостью и устойчивостью к полеганию. Низкорослый (67,0 см), продуктивный стеблестой – 821 шт./м², число зерен в колосе – 19,7 шт. Зерно крупное, высокой выравненности, средней массой 43,0 г, Максимальная урожайность была получена в сортоиспытании 2022 года в условиях Курска – 5,62 т/га. Характеризуется практической устойчивостью к возбудителю двух видов головни, высокой устойчивостью к патогену корневых гнилей.

За счет увеличения кустистости, при заметном снижении высоты стебля (на 12,0–16,6 см) и увеличения продуктивности колоса, удалось повысить урожай зерна новых сортов на 6,5–12,3 %.

ПИТАТЕЛЬНЫЕ И БИОЛОГИЧЕСКИ АКТИВНЫЕ ВЕЩЕСТВА В КЛУБНЯХ ТОПИНАМБУРА (*HELIANTHUS TUBEROSUS* L.)

Н. В. Лебедева¹, А. Е. Соловьева¹, А. В. Любченко²

¹ Федеральный исследовательский центр Всероссийский институт генетических ресурсов растений имени Н.И. Вавилова (ВИР), Санкт-Петербург, Россия, n.lebedeva@vir.nw.ru

² Федеральный исследовательский центр Всероссийский институт генетических ресурсов растений имени Н.И. Вавилова (ВИР), Майкопская опытная станция – филиал ВИР, Майкоп, Россия

NUTRITIONAL AND BIOACTIVE COMPOUNDS IN JERUSALEM ARTICHOKE TUBERS (*HELIANTHUS TUBEROSUS* L.)

N. V. Lebedeva¹, A. E. Solovyeva¹, A. V. Lyubchenko²

¹ N.I. Vavilov All-Russian Institute of Plant Genetic Resources (VIR), St. Petersburg, Russia, n.lebedeva@vir.nw.ru

² N.I. Vavilov All-Russian Institute of Plant Genetic Resources (VIR), Maikop Experiment Station – branch of VIR, Maikop, Russia

В Российской Федерации одной из основных задач является развитие производства пищевых продуктов, обогащенных незаменимыми компонентами, продуктов функционального назначения, способствующих улучшению качества жизни, повышению иммунитета и жизненного тонуса. Увеличивается спрос потребителей на натуральные продукты питания, что создает предпосылки для широкого использования сырья, содержащего функциональные ингредиенты в физиологически значимых количествах. Таким сырьем является топинамбур.

Ценность топинамбура как кормовой, овощной, технической и лечебной культуры обусловлена прежде всего химическим составом растения. Клубни и надземная масса растения содержат большое количество пектина, пищевых волокон, белка, аминокислот, в том числе незаменимых, жизненно важных макро- и микроэлементов, витаминов, а также органических и жирных кислот, обладающих сильным антиоксидантным действием. Основной углевод растения – инулин, природный полисахарид растительного происхождения, состоящий из молекул D-фруктозы, соединенных гликозидными связями. Инулин способствует снижению уровня холестерина в крови, улучшению состояния микрофлоры кишечника, снижению уровня сахара в крови, липопротеидов и триацилглицеринов, обладает гипогликемическим действием, что особо значимо для людей с нарушением обмена веществ.

Целью данной работы была сравнительная оценка образцов топинамбура из коллекции ВИР с различной окраской кожуры клубней по биохимическому составу: содержанию сухого вещества, углеводного комплекса, аскорбиновой кислоты, антоцианов.

Объектом исследования послужили 20 образцов топинамбура из коллекции ВИР, поддерживаемой на Майкопской опытной станции – филиале ВИР (российский Кавказ, Республика Адыгея, окрестности г. Майкоп). В основе подбора материала для исследований были взяты образцы с разнообразной окраской кожуры клубней. Изучение проводилось в 2023 г.

Содержание веществ исследовали в объединенной выборке клубней, в двукратной повторности. Данные приведены на сырое вещество, кроме содержания антоцианов, которые представлены в пересчете на абсолютно сухое вещество. Образцы были проанализированы по методикам, принятым в лаборатории биохимии и молекулярной биологии ВИР.

В ходе работы нами были отмечены значительные различия по содержанию изученных веществ в образцах топинамбура.

Содержание сухого вещества в клубнях, изученных образцов топинамбура достаточно велико: от 20,08 до 28,76 %, в среднем 24,35 %. Преобладающим и наиболее ценным углеводным компонентом являлся инулин, в нашем опыте диапазон его изменчивости варьировал от 4,14 % до 12,83 % и в среднем составлял 9,30 %. Важнейшим представителем биологически активных веществ является аскорбиновая кислота, в клубнях топинамбура нами было найдено незначительное ее количество – от 8,51 до 16,56 мг/100 г, в среднем 12,53 мг/100 г. Сравнительное изучение клубней топинамбура выявило существенные различия в накоплении антоцианов. Диапазон изменчивости данного признака варьировал от 7,01 до 28,50 мг/100 г, в среднем 14,93 мг/100 г.

В ходе работы выделились образцы топинамбура по содержанию изученных веществ: сухого вещества – ‘Тамбовский красный’ ($28,76 \pm 1,04$ %), ‘Белый урожайный’ ($27,78 \pm 3,60$ %), ‘Waldspindel’ ($27,24 \pm 1,09$ %); инулина – ‘Сахалинский красный’ ($12,83 \pm 0,98$ %), ‘Толбухин’ ($11,83 \pm 1,91$ %), ‘Waldspindel’ ($11,63 \pm 2,17$ %); аскорбиновой кислоты – линия 33-35 ($16,56 \pm 1,63$ мг/100 г), ‘Белый урожайный’ ($16,10 \pm 4,57$ мг/100 г); ‘Находка’ ($15,20 \pm 2,32$ мг/100 г); антоцианов – ‘Зори Кавказа’ ($28,50 \pm 4,30$ мг/100 г), ‘Горно-Алтайский’ ($26,37 \pm 2,7$ мг/100 г), ‘Violet de Rennes’ ($22,23 \pm 1,59$ мг/100 г).

Наше изучение показало высокую вариабельность исследованных образцов по биохимическому составу, что свидетельствует о возможности широкого его использования в решении ряда продовольственных проблем и вопросов производства продуктов лечебного и профилактического назначения.

Исследование выполнено при финансовой поддержке проекта Министерства образования и науки России «Национальная сетевая коллекция генетических ресурсов растений для эффективного научно-технологического развития РФ в сфере генетических технологий» по соглашению № 075-15-2021-1050 от 28.09.2021 г.

ОЦЕНКА УСТОЙЧИВОСТИ РАЗЛИЧНЫХ СОРТОВ ЛЬНА МАСЛИЧНОГО К БОЛЕЗНЯМ В УСЛОВИЯХ ЦЕНТРАЛЬНОЙ ЗОНЫ КРАСНОДАРСКОГО КРАЯ

В. Н. Лебединец, Г. В. Волкова

Федеральный научный центр биологической защиты растений, Краснодар, Россия,
mr.lebedinets@yandex.ru

ASSESSMENT OF DISEASE RESISTANCE IN VARIOUS OILSEED FLAX CULTIVARS UNDER THE CONDITIONS OF THE CENTRAL ZONE OF KRASNODAR TERRITORY

V. N. Lebedinets, G. V. Volkova

Federal Research Center for Biological Plant Protection, Krasnodar, Russia,
mr.lebedinets@yandex.ru

Культура льна масличного в мире и в частности в Российской Федерации ежегодно набирает популярность среди сельхозтоваропроизводителей ввиду своей хозяйственной и экономической ценности. Масло льна масличного широко используется в производстве лаков, красок, парфюмерии, линолеума, является прекурсором в производстве различных веществ. Кроме того, масло этой культуры в последние годы крайне популярно в пищевой промышленности: оно насыщено различными полезными жирными кислотами, в том числе одной из самых ценных – омега-3, также семена используются в качестве добавок в мультислаковые смеси и хлебопекарные изделия.

Наиболее опасными фитопатогенами в посевах культуры в сезоне 2024 года были фузариоз (*Fusarium lini* Boll.), в том числе фузариозное увядание, антракноз (*Colletotrichum linicola* Pethybr. & Laff) и мучнистая роса (*Erysiphe cichoracearum*).

Целью исследований являлась оценка устойчивости 13 различных сортов льна масличного селекции ФГБНУ ФНЦ ВНИИМК (ВНИИМК 620 ФН, Ы-220, Ы-117, Авангард, Небесный, Флиз, Даник, Бирюза, Нилин, Радуга) и ФГБНУ РОСНИИСК (Рашель, Янтарь, Итиль) к комплексу патогенов.

Исследования выполняли по общепринятым в защите растений методам. Опыт проводили согласно методическим указаниям по регистрационным испытаниям фунгицидов в сельском хозяйстве (2009). Оценку устойчивости сортов проводили согласно методике, указанной в таблице 1.

Таблица 1. Шкала учета устойчивости растений к болезням

Степень пораженности	Степень устойчивости	Аббревиатура
0-10	Высокоустойчивый	ВУ
11-25	Устойчивый	У
25-50	Средневосприимчивый	СВ
Более 50	Восприимчивый	В

Посев осуществляли 28.03.2024, норма высева – 6 млн семян/га, размер делянки – м², повторность трехкратная, учеты проводили начиная с фазы «елочка» культуры до полного созревания семян. Развитие болезни оценивали по формуле:

$$R = \frac{\sum(a \cdot b)}{N},$$

где R – развитие болезни, %; $\sum(a \cdot b)$ – сумма произведений процента пораженности растений (a) на число растений, имеющих соответствующий процент пораженности (b); N – общее число учтенных растений, шт.

Эксперимент по оценке устойчивости сортов льна масличного к болезням был заложен на территории полевого стационара ФГБНУ ФНЦБЗР (центральная

агроклиматическая зона Краснодарского края) в 2024 году. Несмотря на засушливые условия вегетационного сезона 2024 года, в посевах льна масличного были отмечены фузариоз, антракноз и мучнистая роса (рисунок).



Рисунок. Растения, пораженные А) мучнистой росой; Б) фузариозом; В) антракнозом. Полевой стационар ФГБНУ ФНЦБЗР, 2024 г. (ориг.)

Таблица 2. Оценка устойчивости различных сортов льна масличного к комплексу патогенов, полевой стационар ФГБНУ ФНЦБЗР, 2024 г.

Сорт	Оригинатор	Развитие болезни, %		
		<i>Fusarium</i> spp.	<i>C. lini</i>	<i>E. cichoracearum</i>
ВНИИМК 620 ФН, ЭС	ФГБНУ ФНЦ ВНИИМК	3,5 ± 0,8	1,4 ± 0,1	24,6 ± 2,0
Ы 220, ЭС	ФГБНУ ФНЦ ВНИИМК	4,8 ± 0,6	1,1 ± 0,1	26,1 ± 2,4
Ы 117, ЭС	ФГБНУ ФНЦ ВНИИМК	4,7 ± 0,4	0,5 ± 0,1	22,8 ± 2,9
Авангард, ЭС	ФГБНУ ФНЦ ВНИИМК	7,1 ± 1,0	1,6 ± 0,4	24,6 ± 2,9
Небесный, ЭС	ФГБНУ ФНЦ ВНИИМК	7,6 ± 0,4	1,7 ± 0,2	28,9 ± 3,3
Флиз, ЭС	ФГБНУ ФНЦ ВНИИМК	2,9 ± 0,1	2,2 ± 0,4	24,1 ± 0,9
Даник, ЭС	ФГБНУ ФНЦ ВНИИМК	8,0 ± 0,6	1,3 ± 0,1	23,7 ± 1,2
Итиль, ЭС	ФГБНУ РосНИИСК	3,3 ± 0,9	1,7 ± 0,2	21,2 ± 2,9
Нилин, ЭС	ФГБНУ ФНЦ ВНИИМК	4,3 ± 0,4	1,1 ± 0,2	22,7 ± 1,6
Радуга, ЭС	ФГБНУ ФНЦ ВНИИМК	5,9 ± 0,8	1,3 ± 0,1	23,1 ± 1,4
Рашель, ЭС	ФГБНУ РосНИИСК	5,1 ± 0,6	1,1 ± 0,2	20,7 ± 2,4
Янтарь, ЭС	ФГБНУ РосНИИСК	7,2 ± 0,4	1,8 ± 0,2	23,4 ± 2,7
Бирюса, ЭС	ФГБНУ ФНЦ ВНИИМК	3,9 ± 0,2	1,4 ± 0,1	25,1 ± 2,4

Установлено, что в засушливых условиях 2024 года все изучаемые сорта имели высокую степень устойчивости к фузариозу. Следует отметить сорт Флиз селекции ФГБНУ ФНЦ ВНИИМК, развитие фузариоза на нем было минимальным и составило 2,9 %. По отношению к антракнозу сорта имели схожую реакцию, проявив высокую степень устойчивости. Минимальное развитие болезни (0,5 %) отмечено на сорте Ы-117 селекции ФГБНУ ФНЦ ВНИИМК. В вегетационный сезон 2024 года развитие мучнистой росы, напротив, было высоким. Все изученные сорта были поражены на 20–29 %.

Полученные результаты важны для использования в сельскохозяйственном производстве.

Исследование выполнено согласно государственному заданию по теме FGRN-2023-0003.

ИЗУЧЕНИЕ ОБРАЗЦОВ ЖИТНЯКА (*AGROPYRON GAERTN.*) МИРОВОЙ КОЛЛЕКЦИИ ВИР В УСЛОВИЯХ ЦЕНТРАЛЬНО-ЧЕРНОЗЕМНОЙ ЗОНЫ

Л. Л. Малышев¹, А. А. Кочегина¹, А. В. Губанов², Е. А. Губанова², В. В. Василов¹

¹ Федеральний исследовательский центр Всероссийский институт генетических ресурсов растений имени Н.И. Вавилова (ВИР), Санкт-Петербург, Россия, akochegina@rambler.ru

² Федеральний исследовательский центр Всероссийский институт генетических ресурсов растений имени Н.И. Вавилова (ВИР), Екатеринбургская опытная станция – филиал ВИР, Тамбовская область, Россия

STUDYING WHEATGRASS (*AGROPYRON GAERTN.*) ACCESSIONS FROM THE VIR GLOBAL COLLECTION UNDER THE CONDITIONS OF THE CENTRAL BLACK EARTH REGION

L. L. Malyshev¹, A. A. Kochegina¹, A. V. Gubanov², E. A. Gubanova², V. V. Vasipov¹

¹ N.I. Vavilov All-Russian Institute of Plant Genetic Resources (VIR), St. Petersburg, Russia, akochegina@rambler.ru

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

Житняк из рода *Agropyron* Gaertn. является уникальным по своим адаптационным свойствам растением: засухо-, жаро-, зимостойкости, солеустойчивости, исключительно высоким фитомелиоративным способностям. Температурный ареал произрастания лежит в пределах от +42 °С до –60°С. Первый образец семян житняка поступил в коллекцию Бюро по прикладной ботанике в 1913 г. (закупка в семенном магазине Мейера в Москве) под номером к-420. В том же году семена поступили из Краснокутской селекционной опытной станции, от В. С. Богдана, который ввел житняк в культуру начиная с 1895 г. В 1914 г. семена житняка поступили в Гербарий Бюро из Акмолинской области, образец 95589, сборы С. С. Ганешина. В 1915–1922 гг. образцы вновь поступали из Краснокутской станции, а также из Екатеринославской и Самарской губерний, Саратовского ботанического питомника. В 1922–1923 гг. была организована первая зарубежная экспедиция в Монголию, которую возглавил В. Е. Писарев. В коллекцию в 1923 г поступил образец к-1601 из Кобдосского плато близ Мингыт (высота 1446 м н. у. м.). Два образца, собранных Н. И. Вавиловым совместно с Д. Д. Букиничем в труднейшей экспедиции по Афганистану (район Кафаристана), поступили в коллекцию в 1924 г.: к-3305 (близ Вами, на высоте 2500 м н. у. м.) и к-3306 (близ кишлака Гуссолик на высоте 1610 м н. у. м.). За эту экспедицию Географическое общество СССР наградило Николая Вавилова золотой медалью им. Н. М. Пржевальского за «географический подвиг». К сожалению, 466 образцов коллекции житняка, в том числе и сборы Н. И. Вавилова, были утрачены во время Великой Отечественной войны.

Изучение образцов житняка проходило на Степном отделении ВИР, где 1930-е годы был создан селекционный образец житняка ширококолосого № 8.

Нами продолжено изучение образцов коллекции житняка на Екатеринбургской опытной станции ВИР (ЕОС) в Тамбовской области по теме «Раскрытие потенциала и разработка стратегии рационального использования генетического разнообразия ресурсов кормовых культур растений и их диких родичей, сохраняемого в семенных и гербарных коллекциях ВИР». (№ 0662-2019-0005, № ЕГИСУ НИОКТР АААА-А19-119013090156-4) Изучение 21 образца житняка проходило в течение 3 лет (2020–2022 гг.). Площадь делянки 2 м². Повторность двукратная. Почвы опытного участка: чернозем выщелоченный среднесуглинистого гранулометрического состава с пахотным горизонтом 30 см. Агрохимические показатели почвы: содержание гумуса 6,2 %; доступного фосфора 116 мг/кг почвы; обменного калия 121 мг/кг почвы; рН (KCl) 4,84. Гидролитическая

кислотность в среднем 4,74 ммоль/100 г почвы. Сумма поглощенных оснований в среднем 43,9 ммоль/100 г. Метеорологические показатели на уровне средних многолетних. Наблюдения и учеты проводились в соответствии с методикой ВИР.

Исследуемые образцы принадлежали к шести видам: ж. гребневидный, ж. гребенчатый, ж. керченский, ж. хвоелистный, ж. пустынный; гибрид ж. гребневидный × ж. пустынный.

В результате фенологического изучения выделены наиболее скороспелые образцы: к-52383, к-52379, к-52376, к-52382 – дикорастущие из Казахстана (институт им. Бараева), период от начала отрастания до массового созревания семян 102 дня. Сюда же относятся ж. керченский дикорастущий к-48705 и ж. хвоелистный дикорастущий к-51604. К среднеспелым образцам относятся дикорастущие образцы к-52378, к-52381, к-52377, к-52380 (институт им. Бараева, Казахстан), период от начала отрастания до массового созревания семян 107 дней, и образцы к-50086 (Венгрия), к-51905 – ж. гребенчатый (Монголия), к-27882, ж. пустынный, с. Камышинский, и к-35997 – дикорастущий из Украины. К позднеспелой группе (период от начала отрастания до массового созревания семян 109 дней) относятся: образцы к-51363 дикорастущий (Украина), к-50119 (Иркутская область), к-50857 (США, с. Ephraim), искусственный тетраплоид к-45149 (Казахстан), образцы из США, ж. пустынный к-37575, с. Nordan, и гибрид ж. гребневидный × ж. пустынный к-48559, с. Nucrest II.

Наиболее продуктивными образцами по весу зеленой массы с 1 м² за трехлетний период оказались ж. гребневидный дикорастущий к-51101 из Украины и ж. пустынный, сорт Камышинский, к-27882 (2,2 кг/м²); несколько ниже показатели у с. Ephraim, США (2,0 кг/м²) к-50857; дикорастущие образцы из Казахстана к-52379, к-52376 и с. Nucrest II из США достигли значения 1,9 кг/м². Низкими показателями отличались образцы ж. пустынного с. Nordan (1,1 кг/м²), а также житняки гребневидные из Казахстана к-52382 и к-50086 из Венгрии (1,32 кг/м²). По выходу сена (в среднем) наилучшими оказались к-45149 ж. гребневидный из Казахстана (37,5%) и к-51604 ж. хвоелистный из Краснодарского края (37,1 %). Близкие к ним показатели обнаружили образцы ж. гребенчатого к-51905 из Монголии (36,8 %) и с. Ephraim (США) – 36,3 %. Более низкие показатели у двух образцов из Казахстана – к-52378 и к-52381 – 28,3 и 29,3 %. У остальных образцов этот показатель в среднем составил 30–35 %. По урожайности семян выделились ж. хвоелистный к-51604 (280 г/делянки) и к-48559, ж. пустынный, сорт Nucrest, США (225 г). Два образца имеют близкие значения по урожайности семян к-52380 (201 г/делянки) и к-52381 (199 г/делянки) – образцы ж. гребневидного из Казахстана. У образцов к-52377, к-52383, к-52382, к-27882, к-50086, к-37575 этот показатель не превышает 120–130 г/делянки.

Аминокислотный анализ образцов семян житняка проводили на анализаторе ARACUS (PMA GmbH, Germany). Построение хроматограмм и определение содержания аминокислот производили с помощью программы Aminoreak (PMA GmbH, Germany). Результаты определяли по площади пика. Найдены следующие 9 незаменимых аминокислот: валин, метионин, изолейцин, лейцин, фенилаланин, лизин, аргинин, гистидин, треонин. Заменяемые аминокислоты: аспарагиновая кислота, серин, глутаминовая кислота, глицин, аланин, цистеин, тирозин. Всего определено 17 аминокислот, триптофан не определяли. Высокие показатели отмечены у образцов по содержанию глутаминовой кислоты, валина и лейцина. Таким образом, семена житняка очень ценны по аминокислотному составу. В них в достаточном количестве содержится и первая лимитирующая аминокислота – лизин. При ее недостатке наблюдается развитие анемии и недоразвитие костяка у животных.

СЕЛЕКЦИЯ НА СОЗДАНИЕ МНОГОПОЧАТКОВЫХ ЛИНИЙ И ГИБРИДОВ КУКУРУЗЫ В КБГУ

**А. Ю. Паритов, Д. З. Булатова, М. Х. Байсултанова, А. Х. Кокова, Р. А. Капова,
Л. З. Эльгарова, А. А. Кертова**

Кабардино-Балкарский государственный университет им. Х.М. Бербекова (КБГУ),
Нальчик, Россия, Paritov@mail.ru

BREEDING OF MAIZE LINES AND HYBRIDS FOR PROLIFICACY AT THE KBSU

**A. Yu. Paritov, D. Z. Bulatova, M. H. Baysultanova, A. H. Kokova, R. A. Kapova,
L. Z. Elgarova, A. A. Kertova**

Kabardino-Balkarian State University named after H.M. Berbekov (KBSU), Nalchik, Russia,
Paritov@mail.ru

По рейтингу регионов по размеру площадей посевов кукурузы Кабардино-Балкарская республика занимает 5-е место в РФ. Селекционерами и генетиками КБГУ с 1973 года ведется работа по созданию многопочатковых линий и гибридов кукурузы на основе использования химических мутагенов и местных сортов кукурузы. Цель данных исследований: наряду с традиционными формами селекции внедрение инновационных технологий молекулярно-генетической оценки селекционного материала в семеноводческий процесс, который существенно позволит сократить время создания форм с заданными свойствами, манипулируя непосредственно генетическим материалом.

В ходе выполнения выполняются следующие задачи: выделение геномного ДНК самоопыленных линий кукурузы и родительского сорта Юбилейная-50; изучение генетической структуры самоопыленных линий кукурузы и родительского сорта Юбилейная-50 RAPD-методом и выявление генетических дистанций между линиями кукурузы и родительским сортом; поиск и дизайн праймеров для SNP-анализа гена *wx1* и *ae1*; анализ генетического разнообразия образцов кукурузы по данным полиморфизма генов, участвующих в метаболизме крахмала, выведение новых высокопродуктивных сортов и гибридов кукурузы для импортозамещения и повышения урожайности.

В результате анализа выявлена внутрилинейная однородность анализируемого материала. Это подтверждается общностью происхождения исследуемых образцов линий кукурузы. Под действием химических мутагенов и многолетнего самоопыления линии приобрели специфичные нуклеотидные последовательности, что и обуславливает выявление специфического для каждой линии RAPD-спектра ДНК фрагментов и определяет генетические дистанции. Наибольшая генетическая дистанция выявлена между линиями 4 и 9. На основе полученных данных возможно дальнейшее проведение полевых опытов по установлению обоснованности прогнозирования гетерозиса по результатам RAPD-анализа и выявленных генетических дистанций. В работе также определено генетическое разнообразие по генам *wx1* и *ae1* в инбредных линиях кукурузы с помощью метода определения полиморфизма однонуклеотидных замен (SNAP). Исследованные линии показали низкое генетическое разнообразие по исследуемым локусам. Показано, что число гаплотипов по двум генам и изучаемыми линиями с разным фенотипом ниже теоретически ожидаемого. По гену *ae1* у всех гомозиготных линий обнаружен аллельный вариант *ae1-1509-RA / ae1-1509-RA*. ПЦР-SNAP-анализ образцов ДНК исследуемой выборки по гену *wx1* показал, что частота аллеля Т составила 93,0 %, аллеля G – 13,0 %. Также SNAP-анализ образцов ДНК исследуемых линий кукурузы по гену *ae1* показал, что частота аллеля А составила 100,0 %, аллеля G – 7,0 %.

НОВЫЙ ИСХОДНЫЙ МАТЕРИАЛ КУКУРУЗЫ КАК ОСНОВА ДЛЯ ПРАКТИЧЕСКОЙ СЕЛЕКЦИИ В УСЛОВИЯХ ЦЧЗ

А. П. Потапов

Воронежский федеральный аграрный научный центр им. В.В. Докучаева, Воронежская область, Россия, niish1c@mail.ru

NEW SOURCE MATERIAL OF MAIZE AS A BASIS FOR BREEDING PRACTICE UNDER THE CONDITIONS OF THE CENTRAL BLACK EARTH REGION

A. P. Potapov

Voronezh Federal Agrarian Research Center named after V.V. Dokuchaev, Voronezh Province, Russia, niish1c@mail.ru

Увеличение генетического разнообразия исходного материала для селекции кукурузы является основой дальнейшего роста ее продуктивности в условиях ЦЧЗ. Самоопыленные линии нового поколения превосходят уже известные генотипы по большинству селекционно ценных признаков. Наиболее востребованы у сельхозтоваропроизводителей такие показатели как продуктивность, устойчивость к полеганию, повышенная засухоустойчивость, максимальная толерантность к густоте посева, биотическим и абиотическим факторам среды, полная адаптация к современным технологиям возделывания, высокая скорость отдачи влаги перед уборкой и другие.

Почвенно-климатические условия Центрально-Черноземного региона позволяют гарантированно возделывать гибриды кукурузы на зерно, по срокам созревания находящихся в диапазоне по ФАО от 100 до 400 единиц. При этом следует учитывать, что для реализации потенциальной продуктивности конкретного гибрида необходима определенная сумма эффективных температур за период «всходы – физиологическая спелость зерна». Не менее важным является период после фазы физиологической спелости до начала уборки зерна. Именно в этот временной отрезок скорость влагоотдачи является важнейшим показателем. Гибриды или же самоопыленные линии, близкие между собой по скороспелости, с разной скоростью отдают влагу из зерна. Лучшими по влагоотдаче является генотип, который к моменту уборки имеет самый низкий показатель уборочной влажности.

Среднесуточная температура воздуха в этот период должна быть положительной, а относительная влажность иметь низкие или средние значения. Резкие перепады положительных ночных и дневных температур также способствуют более быстрой влагоотдаче.

Для решения поставленных задач в селекционную работу были включены 50 гомозиготных линий кукурузы, из которых 30 образцов зубовидных и 20 кремнистых. Скрещивания по созданию экспериментальных гибридов проводились в 2021 году. Оценка линий и созданных на их основе гибридов проводилась по общепринятым методикам. В качестве стандартов для оценки гибридов использовались Докучаевский 190 СВ и ДКС 3361. Для самоопыленных линий стандартом служила широко известная линия П 346.

Новые линии имели преимущество перед стандартом по целому ряду хозяйственно ценных признаков, в том числе по продуктивности, отдельным элементам продуктивности, а также по скорости влагоотдачи зерном. Линии характеризовались высокой степенью выравненности по основным селекционным признакам, оптимально развитым габитусом, быстрым ювенильным развитием. Высокие показатели продуктивности и быстрой влагоотдачи были в группе зубовидных линий: КСПд 84, КСПд 85, КСДд 86, КСДд 87, КССд 88, КСФд 115, КСРд 89. В выборке кремнистых линий были выделены следующие формы: КСЕф 75, КСРф 90, КССф 95, КСФф 103, КСЛф 99, КСЕф 93, КСЕф 91. Вышеуказанные

линии имели высокие показатели по общей и специфической комбинационной способности.

Гибриды кукурузы, созданные на основе новых инцухт линий, были изучены в 2022–2024 гг. в контрольном питомнике и конкурсном сортоиспытании. В результате исследований и всесторонней оценке новых простых гибридов были выявлены образцы, превосходящие стандарты по продуктивности, имея при этом более низкую уборочную влажность зерна по сравнению с гибридом ДКС 3361. Разница составляла от 1,5 % до 3,0 % на момент уборки зерна. Отдельные простые гибриды превысили стандарты по урожайности зерна на 0,3–0,8 т/га. Наибольший практический интерес представляют два гибрида: Докучаевский 220 (кремнисто-зубовидный) и Докучаевский 230 (зубовидный). Оба гибрида имели стабильно высокие показатели по продуктивности, устойчивости к полеганию, толерантности к засухе и биотическим стрессам. По результатам изучения и всесторонней оценке по основным хозяйственно ценным признакам, продуктивности, уборочной влажности, новые гибриды Докучаевский 220 и Докучаевский 230 готовятся для передачи на Государственное сортоиспытание.

СОЗДАНИЕ ИСХОДНОГО МАТЕРИАЛА ДЛЯ СЕЛЕКЦИИ КАРТОФЕЛЯ НА УСТОЙЧИВОСТЬ К БАКТЕРИАЛЬНЫМ ЗАБОЛЕВАНИЯМ

К. И. Родионов^{1,2}, М. Н. Ситников^{1,2}

¹ Федеральный исследовательский центр Всероссийский институт генетических ресурсов растений имени Н.И. Вавилова (ВИР), Санкт-Петербург, Россия, k.rodionov@vir.nw.ru

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

DEVELOPMENT OF SOURCE MATERIAL FOR THE BREEDING OF POTATO FOR RESISTANCE TO BACTERIAL DISEASES

C. I. Rodionov^{1,2}, M. N. Sitnikov^{1,2}

¹ N.I. Vavilov All-Russian Institute of Plant Genetic Resources (VIR), St. Petersburg, Russia, k.rodionov@vir.nw.ru

² Yakut Scientific Center of the Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences (YaSC SB RAS), M.G. Safronov Yakut Scientific Research Institute of Agriculture – subdivision of the YaSC SB RAS, Yakutsk, Russia

Картофель в России является одной из основных продовольственных культур. Потребление его в России, как и во всем мире, растет. Картофель возделывают на всей территории страны, в разных климатических зонах, от южных границ до полярного круга, от Калининграда до Камчатки, на равнинах и в горных условиях.

Широкое возделывание и различные направления использования картофеля требуют создания большого количества новых сортов, приспособленных к возделыванию в конкретных почвенно-климатических условиях, обладающих высокой адаптивностью к значительным колебаниям окружающей среды и агротехнологии. Однако в процессе возделывания сорта подвергаются воздействию негативных факторов внешней среды, постепенно теряют свои адаптивные свойства и качество продукции.

Одной из главных причин снижения продуктивности и ухудшения хозяйственно ценных признаков сорта является накопление инфекции с каждым последующим поколением, практически во всех регионах, как с благоприятными, так и неблагоприятными условиями выращивания картофеля.

Заметный экономический ущерб наблюдается при поражении картофеля по меньшей мере 54 видами фитопатогенных грибов, 39 видами вирусов, 19 видами нематод, 3 видами фитоплазм и 11 видами бактерий.

Восточная Сибирь – одна из крупнейших регионов Российской Федерации. Природные условия здесь весьма разнообразны. Характерными особенностями Сибири являются недостаток тепла и короткий безморозный период с возрастными заморозками. В этом регионе из-за специфического климата преобладают бактериальные виды патогенов. В Северо-Западном регионе ситуация обратная, наблюдается высокое распространение грибных заболеваний и, в частности, фитофтороза (*Phytophthora infestans* (Mont.) de Bary). Это объясняет тот факт, что, когда в клубнях, зараженных бактериальными патогенами, происходит смена микроорганизмов от паразитных бактерий до сапрофитов, при которой наблюдается очень быстрый рост фитопатогенных грибов, в результате чего подавляются медленно растущие колонии бактерий (антагонизм). Поэтому в Северо-Западном регионе распространение бактериальных инфекций незначительное по сравнению с другими регионами Российской Федерации.

Целью настоящей работы является оценка некоторых хозяйственно ценных признаков межвидовых гибридов и сортов картофеля, которые нами используются в селекции на устойчивость к бактериальным заболеваниям

Оценка межвидовых гибридов и сортов картофеля проведена в соответствии с методикой по поддержанию и изучения мировой коллекции картофеля.

Посадка проводилась во II декаде мая яровизированными клубнями, каждый образец был представлен 10 растениями в трехкратной повторности. Агротехнологическая схема стандартная. Опыт закладки рандомизирован. В качестве стандартов по продуктивности использовали районированные сорта в Северо-Западном регионе: для раннеспелых – Удача; для среднеспелых – Наяда.

Поражение фитофторозом образцов изучено в условиях естественного развития инфекции в полевой коллекции ВИР. На листьях клонов оценивали степень развития фитофтороза, начиная с момента появления симптомов заболевания на восприимчивом контроле: сорте (Dorisa), и до окончания периода вегетации.

В результате проведенных в 2024 г. в условиях Северо-Западного региона стабильную урожайность на уровне сорта-стандарта или выше имели образцы: 118-6-2011, 97-159-3 для среднепоздних; 160-1, 99-6-10 для среднеспелых; 97-152-8, 135-5-2005, Вармас, Тулунский Ранний для раннеспелых.

Товарность изученных образцов находится в пределах 93–53 %. Наибольший показатель ($\geq 90\%$) отмечен у образцов: у среднепоздних 24-1; у среднеспелых 92; у раннеспелых 135-5-2005.

В условиях естественного инфекционного фона оценено поражение фитофторозом межвидовых гибридов и сортов, 20 образцов (594 генотипа).

В качестве стандарта был взят сорт Dorisa (к-19526). Первые симптомы в Северо-Западном регионе в НПБ «Пушкинские и Павловские лаборатории ВИР» начались 22 июля 2023 года.

Незначительное поражение выявлено у межвидовых гибридов: у среднепоздних 24-1, 190-4; у среднеспелых 39-1-2005, 99-4-1, 171-3. Для ранних образцов поражение на уровне контроля было отмечено у межвидовых гибридов 97-152-8, 138-3-2006, 135-5-2005. Полное поражение ботвы выявлено у сортов Тулунский Ранний, Якутянка, Вармас и межвидовых гибридов: у среднепоздних 12/1/09; у среднеспелых 135-1-2006, 99-6-10.

ИТОГИ РАБОТЫ ПО СЕЛЕКЦИИ ГОРОХА В КАМЕННОЙ СТЕПИ

И. А. Филатова, Н. А. Нужная

Воронежский федеральный аграрный научный центр им. В.В. Докучаева,
Воронежская область, Россия, niish1c@mail.ru

THE RESULTS OF THE WORK ON PEA BREEDING IN KAMENNAYA STEPPE

I. A. Filatova, N. A. Nuzhnaya

Voronezh Federal Agrarian Research Center named after V. V. Dokuchaev, Voronezh Province,
Russia, niish1c@mail.ru

Почвенно-климатические условия Воронежской области, как и всего Центрально-Черноземного региона, в целом удовлетворяют требованиям технологии возделывания гороха. Однако здесь имеет место непостоянство гидротермического режима в период вегетации. Колебания урожайности по гороху из-за неустойчивых погодных условий и, как следствие, нестабильность зернового хозяйства региона определяет основную задачу селекции гороха – выведение новых сортов гороха зернового направления, сочетающих высокую урожайность и качество с высокой технологичностью возделывания, экологической пластичностью и адаптивностью к условиям выращивания. В этом направлении и ведется работа по селекции гороха в Каменной Степи. За последние 40 лет в институте создано одиннадцать сортов гороха: Утес, Уран, Орфей, Битюг, Таловец 50, Таловец 55, Таловец 60, Таловец 65, Таловец 70, Дударь и Фокор.

В 2024 году получено 2 патента на новые сорта гороха: Таловец 90 и Докучаевский.

Сорт Таловец 90 зернового направления, высокоурожайный, характеризуется высокой адаптивностью и гомеостатичностью. Технологичен во время уборки и подготовки семян. Устойчив к полеганию и растрескиванию бобов при перестое. Максимальная урожайность была получена на Борисоглебском сортоучастке 51,0 ц/га в 2017 г. На высоком агрофоне способен формировать два равноценных продуктивных побега, что позволяет, увеличивая выход зерна сохранять сроки и дружность созревания.

Сорт Докучаевский зернового направления использования, внесен в реестр селекционных достижений и рекомендован к возделыванию по Центрально-Черноземному (5) и Северо-Кавказскому (6) регионам. Имеет безлисточковый морфотип. Масса 1000 зерен 196–295 г. Содержание белка – 23,7 %. Максимальный урожай был получен в Липецкой области в 2022 году – 55,4 ц/га. Лимитирующим показателем продуктивности растения является высокая озерненность боба, которая, в среднем на растение, составляет 5,5 зерен (рисунок). Обладает повышенной устойчивостью к полеганию, засухе и осыпанию зерна по сравнению со стандартом. По скороспелости сорт Докучаевский относится к группе среднеранних. Длина вегетационного периода составляет в среднем 67 дней, что на 3–7 дней короче, чем у сортов, относящихся к среднеспелой группе. Более раннее наступление полной спелости позволяет убирать горох заблаговременно до уборки озимой пшеницы, что снижает нагрузки на машинотракторный парк. Сокращение периода вегетации не отражается на урожайности сорта. Сорт Докучаевский может быть использован и как самостоятельная культура в севообороте, и как парозанимающая, так как после уборки остается достаточное количество времени для подготовки почвы к посеву озимых культур.



Рисунок. Боб и зерно сорта Докучаевский в фазу технической спелости

В 2024 году передан на государственное сортоиспытание еще один сорт гороха зернового направления Наир. Растения имеют усатый тип листа. По сроку созревания относится к среднеспелой группе. Сорт высокоурожайный, в среднем за годы изучения в конкурсном сортоиспытании показал прибавку к стандарту 3,2 ц/га. Максимальная урожайность 45,3 ц/га. Для него характерна высокая полевая всхожесть – 98–100 %. Он имеет самый высокий показатель экологической пластичности $b_i = 1,14$, что классифицирует его как сорт интенсивного типа. Кроме этого, сорт Наир обладает лучшими вкусовыми качествами по сравнению с Фокором.

На данный момент в лаборатории выделено 5 перспективных линий, сочетающих в себе очень хорошие показатели по урожайности, качеству зерна с высокими технологическими характеристиками. Это линии: Л-61/18, Л-55/19, Л-100/23, Л-102/23, Л-63/24. Они изучаются в конкурсном сортоиспытании (КСИ) и по урожайности показывают стабильно высокие результаты.

Л-61/18 – высокопродуктивный образец гороха, сочетающий в своем морфотипе усатый лист и зеленое зерно. В 2024 году превысила стандарт на 6,4 ц/га (+32,3 %) при урожайности 26,2 ц/га. Максимальная урожайность получена в 2022 году – 41,5 ц/га. Линия 61/18 обладает высокими показателями содержания белка в зерна – до 26 %. Л-55/19 – образец имеет усатый тип листа. Относится к интенсивному типу. В годы с высоким влагообеспечением дает прибавку к стандарту 7,3–8,8 ц/га. Особенностью образца является способность формировать 3 продуктивных боба на плодоносящей веточке, что обеспечивает высокую продуктивность растения. Л-100/23 и Л-102/23 – высокопродуктивные образцы, имеющие листочковый морфотип. Отличительной чертой является их высокая устойчивость к полеганию на уровне сортов с усатым типом листа. Линия 100/23 имеет розовое гладкое зерно, а зерно линии 102/23 обладает признаком неосыпаемости. Прибавка к стандарту в 2024 году составила +6,9 ц/га (+27,9 %) и +3,5 ц/га (+16,9 %). Л-63/24 – высокопродуктивный образец. Безлисточковый. Зерно неосыпаемое. Характерной особенностью данного образца является его соцветие – люпиноид. Наличие такого соцветия обеспечивает более дружное, практически одновременное прохождение всех фаз развития гороха, что обеспечивает дружное созревание сорта. Все бобы находятся в верхнем ярусе, это повышает технологичность культуры. Прибавка к стандарту в 2024 году составила 3,0 ц/га (+15 %).

Всего за время существования селекционного подразделения по селекции гороха было создано 22 сорта гороха. Работа лаборатории селекции зернобобовых культур строится на изучении, сохранении и бережном отношении к результатам работы прошлых лет с одновременным применением новых технологий, способов и методов селекции.

**ХАРАКТЕРИСТИКА ОБРАЗЦОВ ОЗИМОЙ МЯГКОЙ ПШЕНИЦЫ,
УСТОЙЧИВЫХ К СНЕЖНОЙ ПЛЕСЕНИ, С ПОМОЩЬЮ
МИКРОСАТЕЛЛИТНЫХ ЛОКУСОВ, СЦЕПЛЕННЫХ С QTL УСТОЙЧИВОСТИ
К ФУЗАРИОЗУ КОЛОСА**

П. В. Фисенко¹, Н. С. Лысенко²

Федеральный научный центр агробиотехнологий Дальнего Востока им. А.К. Чайки,
Уссурийск, Россия

²Федеральный исследовательский центр Всероссийский институт генетических ресурсов растений имени Н.И. Вавилова (ВИР), Санкт-Петербург, Россия, n.lysenko@vir.nw.ru

**CHARACTERIZATION OF WINTER BREAD WHEAT ACCESSIONS RESISTANT TO
SNOW MOLD USING MICROSATELLITE LOCI LINKED TO QTL FOR
RESISTANCE TO *FUSARIUM* EAR BLIGHT**

P. V. Fisenko¹, N. S. Lysenko²

¹Federal Scientific Center of Agricultural Biotechnology of the Far East named after
A.K. Chaika, Ussuriysk, Russia

²N.I. Vavilov All-Russian Institute of Plant Genetic Resources (VIR), St. Petersburg, Russia,
n.lysenko@vir.nw.ru

Для расширения генетического разнообразия озимой мягкой пшеницы необходим поиск источников и доноров устойчивости к вредоносным грибным болезням. Задача нашего исследования – изучение генетического разнообразия коллекционных образцов, устойчивых к снежной плесени по микросателлитным локусам, сцепленным с QTL*fhs.3BS*, отвечающим за специфическую устойчивость к фузариозу колоса.

Материалом для исследования послужили 42 образца мягкой озимой пшеницы из коллекции ВИР, характеризующиеся высоким и средним уровнем перезимовки в условиях Ленинградской области (г. Пушкин, НПБ «Пушкинские и Павловские лаборатории ВИР») и слабой восприимчивостью к моноклоновому изоляту *Microdochium nivale* var. *majus* (Fr.) Samuels, Hallet (syn. *Fusarium nivale* Fr.) при искусственной инокуляции в лабораторных условиях. Также дополнительно изучали четыре высоко восприимчивых к розовой снежной плесени образца пшеницы – к-38365, ‘Вязниковская’ (Владимирская обл.); к-38435, ‘Сумароковская местная’ (Костромская обл.), к-63557, ‘Rosebud’ (США), к-64182 и ‘Mv.Madrigal’ (Венгрия). В качестве стандарта использовали сорт с общепризнанной устойчивостью к фузариозу – ‘Sumai 3’. В качестве генетических маркеров использовали два микросателлитных локуса Xgwm493-3В и Xgwm533-3В хромосомы 3В, ассоциированных с QTL*fhs.3BS* (*Fhb1*), отвечающие за специфическую устойчивость к фузариозу колоса. Для отработки ПЦР и сравнений в качестве стандарта использовали ДНК восприимчивого сорта к-43080, ‘Chinese Spring’ и устойчивого – к-62871, ‘Sumai 3’.

ДНК выделяли из суммарной пробы зеленых частей растений солевым методом с дополнительным шагом очистки экстракта смесью хлороформ/изоамиловый спирт (24/1) и/или хлороформ/фенол (1/1). Оценку качества ДНК проводили методом электрофореза в 1-процентном агарозном геле, окрашенном 1-процентным раствором бромистого этидия с последующим облучением ультрафиолетом, в качестве стандарта использовалась ДНК фага λ известной концентрации. Концентрацию ДНК определяли на флуориметре MaxLife. Для сорта ‘Sumai 3’ получали индивидуальные препараты ДНК 20 растений, для остальных сортообразцов готовили препарат групповой пробы (bulk sample). ПЦР ставили в 2-3 повторностях с использованием амплификаторов T-100 (Bio-Rad) и MiniAmp Plus (applied biosystems). Реакцию проводили в 20 мкл смеси, использовали готовую реакционную смесь 2X БиоМастер HS-Тaq ПЦР-Color (Биолабмикс). ДНК матрицы – 10–50 нг. Также добавляли каждого праймера и хлорида магния до конечной концентрации – 0,3 мкМ

и 1 мМ соответственно. Температурный профиль реакции – 94 °С 5 мин., далее 35 циклов – 94 °С 30 сек., 60 °С 30 сек., 72 °С 2 мин., далее постэлонгация – 72 °С 10 мин.

Анализ продуктов амплификации проводили в два этапа: 1) аликвоту фракционировали в 2-процентном агарозном геле (горизонтальный электрофорез), окрашенном бромистым этидием. Для определения размеров фрагментов использовали маркер длин *step 50 plus* (Биолабмикс), визуализацию осуществляли в геле-документирующей системе *GelDoc Go* (Bio-Rad). Таким образом определяли ориентировочный размер продуктов и их концентрацию; 2) образцы, имеющие яркие фрагменты, фракционировали методом капиллярного электрофореза в приборе *QiAxcel* (Qiagen) с использованием гелевого картриджа *QIAxcel DNA High Resolution Kit* с условиями электрофореза *OM800*. Для каждого локуса составляли бинарные матрицы, где наличие или отсутствие фрагмента выявленного локуса одинакового размера обозначали 1 или 0 соответственно. Расчет генетических характеристик и построение дендрограмм методом *UPGMA* проводили с использованием пакетов программ *POPGENE 32* и *PAST*.

Для определения размера фрагментов конкретных выявляемых аллелей опирались на данные из литературных источников, а также на размер пика выявляемого фрагмента, в качестве аллелей принимались фрагменты с наибольшей высотой пика (наибольшая интенсивность свечения/количество продукта). Отсутствие амплификации у образца по одному из локусов принимали за *null*-аллель. По результатам нашего исследования, для локуса *Xgwm493* наиболее распространенным аллелем оказался фрагмент размером 146 пн, он представлен у 36 образцов, в том числе – ‘*Sumai 3*’ (76%). Остальные образцы имеют единичные аллели иного размера: ‘*Зимородок*’, ‘*Kitami 35*’, ‘*Kitami 40*’ и ‘*Majoral*’ – 168 пн; ‘*NE 82557*’, ‘*КНИИСХ-90*’ и ‘*Rosebud*’ – 171 пн (последний так же имеет аллель 146 пн); ‘*Kitami 46*’ и ‘*Mv. Madrigal*’ – 150 пн; а так же ‘*Fazit*’ и ‘*Satsukei 131*’ – 201 и 205 пн соответственно.

Локус *Xgwm533* демонстрирует большую изменчивость. Наиболее распространенным в исследуемой выборке оказался аллель 123 пн – 24 образца (52,2 %), который так же присутствует у ‘*Sumai 3*’. Для ряда образцов по данному локусу предполагается *null*-аллель вследствие отсутствия протекания ПЦР – ‘*Звезда*’, ‘*Satsukei 26*’, ‘*Vista*’, ‘*Тонасия*’, ‘*Mv. Madrigal*’, ‘*Харитоновка*’ (13 %). Остальные аллели имели меньшую частоту встречаемости: 100 пн – 14,8 %; 136 пн – 10,6 %; 110 пн – 6,4 %; 155 и 182 пн по 4,3 %; 147 пн – 2,1 %. Стоит отметить, что в суммарной пробе ‘*Sumai 3*’ выявляется два аллеля 123 пн, как наиболее распространенный в исследуемой выборке, и 110 пн, который и выявляется у образцов, устойчивых к фузариозу по результатам листовой пробы. Данный аллель довольно редок и обнаружен помимо ‘*Sumai 3*’ только у двух сортов ‘*Местная*’ и ‘*Eltan*’.

При построении дендрограмм филогенетических взаимоотношений исследуемых образцов, на всех вариантах дендрограмм кластеризация оказалась сходна. Выявлен кластер, включающий в себя ‘*Sumai 3*’ и большое количество генетически идентичных образцов. Стоит отметить кластер, в который вошли образцы, имеющие *null*-аллель по локусу *Xgwm533*. Хотя эти образцы и кластеризуются относительно близко с ‘*Sumai 3*’, однако отсутствие маркерных фрагментов по целевому локусу не позволяет ассоциировать природу устойчивости с используемым в исследовании стандартом. В то же время образцы ‘*Местная*’ и ‘*Eltan*’, имея редкий аллель 110 пн, образовали общий кластер непосредственно с ‘*Sumai 3*’.

РЕЗУЛЬТАТЫ ОЦЕНКИ КОЛЛЕКЦИИ КАРТОФЕЛЯ В УСЛОВИЯХ КАМЧАТСКОГО КРАЯ

О. И. Хасбиуллина, А. Д. Иващенко

Федеральный исследовательский центр Всероссийский институт генетических ресурсов растений имени Н.И. Вавилова (ВИР), Камчатский научно-исследовательский институт сельского хозяйства – филиал ВИР, Камчатский край, Россия, Khasbiullina@kamniish.ru

THE RESULTS OF POTATO COLLECTION EVALUATION UNDER THE CONDITIONS OF KAMCHATKA TERRITORY

O. I. Khasbiullina, A. D. Ivashchenko

N.I. Vavilov All-Russian Institute of Plant Genetic Resources (VIR), Kamchatka Research Institute of Agriculture – branch of VIR, Kamchatka Territory, Russia, Khasbiullina@kamniish.ru

Мировой сортимент картофеля ежегодно пополняется сортообразцами различного происхождения. Изучение генотипов в разных экологических условиях необходимо для выявления их адаптивности к почвенно-климатическим факторам среды. Повышение эффективности использования сортовых ресурсов, прежде всего лучших отечественных сортов, остается одной из главных проблем картофелеводства на Камчатке. Климат Камчатки характеризуется чрезвычайным разнообразием и неустойчивостью погоды, что обусловлено ее географическим положением, влиянием окружающих морей и Тихого океана, перемещением воздушных масс и рельефом местности. В биоресурсной коллекции картофеля Камчатского научно-исследовательского института сельского хозяйства – филиал ВИР за период (2021–2023 гг.) исследований изучено более чем 150 генотипов, в том числе селекции института. В период исследований коллекция пополнялась новыми сортами различного происхождения. Особое внимание уделено сортам и гибридам, сочетающим в себе скороспелость, высокую стабильную продуктивность и устойчивость к болезням. В настоящее время большая часть сортов из имеющегося сортимента характеризуется низкой устойчивостью неблагоприятным факторам среды. Поэтому на современном этапе селекции очень важно владеть информацией о потенциальной продуктивности, адаптивности и стабильности сорта, его способности отзываться на улучшение условий выращивания.

Целью наших исследований было определение лучших генотипов картофеля, обладающих скороспелостью, способностью к формированию стабильной продуктивности в условиях короткого вегетационного периода Камчатки, для использования выделившихся образцов в качестве родительских форм в селекции картофеля.

В период проведения исследований погодные факторы, определяющие условия произрастания растений картофеля, имели существенные отклонения от средних многолетних показателей. По совокупности гидротермических показателей годы исследований характеризовались повышенным термическим режимом сумма активных температур выше +10 °С составила от 1121 до 1523 °С при среднемноголетней 1092 °С. Естественного отмирания ботвы картофеля в условиях Камчатского края не происходит, это связано с поздними посадками картофеля (первая – вторая декады июня) и наступлением ранних заморозков во второй декаде сентября. Период вегетации за годы исследований составил 65–73 дней.

В условиях Камчатского края растения картофеля формируют основную массу листового аппарата в конце июля – начале августа в межфазный период «бутонизация – цветение», хозяйственно значимый урожай в основном формируется на 70-й день после посадки. По скороспелости, то есть ранее образование клубней товарной величины (свыше 40 г.), выделилось 67 % изученных образцов питомника. Ранее формирование товарного

урожая отмечено не только у образцов раннеспелой и среднеранней группы, но и у сортов среднеспелой группы спелости, таких как Алый местный, Аврора, Provento, Сиреневый туман. В результате анализа коллекционного питомника по признаку продуктивности (900 г/куст и более) выделено 11 сортообразцов раннеспелого срока созревания, 20 – среднераннего, среднеспелого и позднего. В среднем в годы исследований продуктивность образцов коллекционного питомника составила 898 г/куст, максимальная – до 1700 г/куст. Товарность клубней в годы исследований находилась в пределах 48–99 %. В изучаемом материале определены сортообразцы сочетающие в себе высокую продуктивность с интенсивным накоплением ранней продукции: Apis, Вармас, Пензенская скороспелка, Пушкинец, Метеор, Fiesta, Вулкан, Alvara, Adretta, Арктика, Гейзер, Детскосельский, Gala, Радонежский, Sante, Солнышко, Северянин, Evolution, Аврора, Provento, Сиреневый туман и клоны 8-1-2004, 94-5. Данные генотипы рекомендованы в качестве родительских форм для создания новых скороспелых сортов с высокой продуктивностью, устойчивых к болезням.

Таким образом, установлено, что в формировании высоких стабильных урожаев картофеля в условиях севера Дальневосточного региона особое значение имеют раннеспелые и среднеранние образцы, так как они имеют большой потенциал интенсивного роста и развития за короткий вегетационный период, сорта и гибриды поздних групп спелости, в условиях Камчатского края выращивать не целесообразно.



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



Национальный центр
генетических ресурсов
растений



ПРЕЗИДЕНТСКАЯ
БИБЛИОТЕКА



МЕРОПРИЯТИЕ № 3. ПОКОЛЕНИЕ F3: МОЛОДЕЖНАЯ СЕССИЯ

EVENT No. 3. GENERATION F3: YOUTH SESSION

Молодежная конференция

ПОКОЛЕНИЕ
F3

Поколение F3 – молодежная сессия, посвящена актуальным вопросам изучения и использования коллекций генетических ресурсов растений:

к 130-летию со дня учреждения Бюро по прикладной ботанике при Ученом комитете Министерства земледелия и государственных имуществ Российской империи



Brabender®

SCINTOL
НАУЧНО-ПРОИЗВОДСТВЕННАЯ КОМПАНИЯ

ABPOPA
ТЕХНОЛОГИИ ИЗМЕРЕНИЙ

ПРОДУКТИВНОСТЬ И КАЧЕСТВО ОБРАЗЦОВ ТРИТИТРИГИИ В УСЛОВИЯХ МОСКОВСКОЙ ОБЛАСТИ

А. Д. Аленичева^{1,2}

¹ Главный ботанический сад им. Н.В. Цицина Российской академии наук, Москва, Россия,
alenicheva_a@mail.ru

² Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К.А. Тимирязева,
Москва, Россия, alenicheva_a@mail.ru

PRODUCTIVITY AND QUALITY OF × *TRITITRIGIA* ACCESSIONS UNDER THE CONDITIONS OF MOSCOW PROVINCE

A. D. Alenicheva^{1,2}

¹ Tsitsin Main Botanical Garden of the Russian Academy of Sciences, Moscow, Russia,
alenicheva_a@mail.ru

² Russian State Agrarian University – Moscow Timiryazev Agricultural Academy, Moscow,
Russia, alenicheva_a@mail.ru

При скрещивании дикорастущих растений с культурными на основе генетических закономерностей можно получать принципиально новые сочетания наследственных факторов и ценных в селекционном отношении признаков. Практическое применение метода отдаленной гибридизации позволяет создавать новые растительные формы с более высокой продуктивностью, устойчивые к болезням, вредителям, неблагоприятным условиям внешней среды и обладающие целым рядом других ценных качеств (Лачуга, 2023).

Трититригия (× *Trititrigia cziczinii* Tzvel.) – новый гибридный вид, который объединяет в себе геномы родов *Triticum* и *Elytrigia*. Этот вид был создан академиком Н. В. Цициным и его коллегами как многолетний злак. Основная цель создания трититригии заключалась в получении образцов с высоким потенциалом урожайности, унаследованным от продуктивных сортов *Triticum aestivum* L. и *T. durum*, а также с высокими технологическими и биохимическими свойствами зерна и комплексной устойчивостью к различным биотическим и абиотическим факторам. Для передачи этих характеристик гибриды были скрещены с дикорастущими злаками, отобранными Н. В. Цициным в результате длительных полевых исследований (Щуклина и др., Аленичева и др., 2022).

Цель исследования – оценить линии и сорта трититригии в конкурсном сортоиспытании по урожайности и качеству зерна в условиях Московской области

Материал и методика. В ходе экспериментов в 2021–2023 гг. в качестве материала послужили перспективные линии трититригии и внесенный в Государственный реестр селекционных достижений сорт Памяти Любимовой. Данный набор образцов входит в коллекцию отдела отдаленной гибридизации Главного ботанического сада РАН.

В ходе двухлетних исследований урожайность зерна образцов трититригии была неоднозначна (рисунок). В 2022 году урожайность линий трититригии варьировала от 2,1 т/га (линия 12) до 2,6 т/га (линия 1692). В 2023 году минимальная и максимальная урожайность зерна составляла от 1,6 т/га (сорт Памяти Любимовой) до 2,2 т/га (линия 3202).

Характерной особенностью трититригии является высокое содержание белка, превосходящее районированные сорта озимой пшеницы, и соответствие по данному показателю классу сильных пшениц (Щуклина и др., 2023). В проведенных исследованиях было отмечено, что количество белка у линий трититригии в 2022 году варьировало от 16,6 % (линия 1692) до 18,8 % (линия 3202). 2023 год показал пониженное содержание белка в изучаемых образцах трититригии (от 13,6 % у линии 1692 до 14,9 % у линии 4044).

Содержание клейковины в муке в 2022 году варьировало от 31,3 % до 39,1 %. В 2022

году показатели также были ниже (от 25,3 % до 28,9 %), у пшеницы содержание клейковины составляло 14,9 %. По массовой доле сырой клейковины зерно трититригии соответствовало требованиям 1-2 класса пшеницы. В 2022 году ее содержание изменялось от 60,3 до 93,4 и от 70,1 до 80,6 в 2023 году.

Результаты конкурсного сортоиспытания трититригии в условиях Московской области продемонстрировали перспективность этой культуры как источника высококачественного белка. Несмотря на вариативность урожайности в зависимости от года и погодных условий, трититригия проявила высокую питательную ценность, отмечая содержание белка до 18,8 % и клейковины до 39,1 %. Полученные данные подтверждают потенциал трититригии для дальнейшей селекционной работы с целью выведения сортов с улучшенными свойствами.

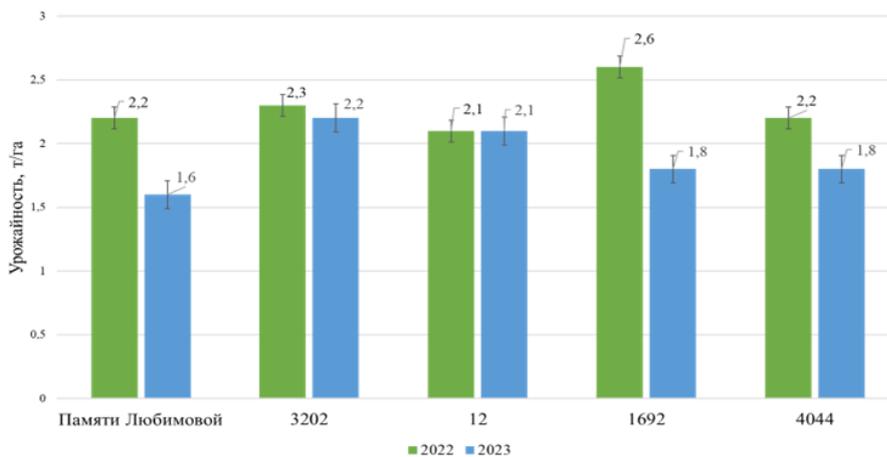


Рисунок. Урожайность зерна трититригии за 2022–2023 гг, т/га

СОЗДАНИЕ СЕЛЕКЦИОННОГО МАТЕРИАЛА ПШЕНИЦЫ МЯГКОЙ ЯРОВОЙ, УСТОЙЧИВОГО К ЛИСТОВЫМ ПАТОГЕНАМ

В. А. Апарина, А. А. Потешкина, В. Ю. Сухомлинов, Н. И. Бойко, В. В. Пискарев
Федеральный исследовательский центр Институт цитологии и генетики Сибирского
отделения Российской академии наук (ИЦиГ СО РАН), Сибирский научно-
исследовательский институт растениеводства и селекции – филиал ИЦиГ СО РАН,
Новосибирск, Россия, aparina.viktoriya@yandex.ru

DEVELOPMENT OF SPRING BREAD WHEAT BREEDING MATERIAL RESISTANT TO LEAF PATHOGENS

V. A. Aparina, A. A. Poteshkina, V. Yu. Sukhomlinov, N. I. Boyko, V. V. Piskarev
Institute of Cytology and Genetics of the Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences
(IC&G SB RAS), Siberian Research Institute of Plant Production and Breeding – branch of the
IC&G SB RAS, Novosibirsk, Russia, aparina.viktoriya@yandex.ru

Селекция на увеличение продуктивности яровой мягкой пшеницы (*Triticum aestivum* L.) одна из самых востребованных и трудных задач. Это связано с комплексностью признака и зависимостью показателей от сложившихся условий среды. Нарастание эпифитотийной нагрузки и снижение урожайности возделываемых сортов, вызванное изменением климатических условий, требует расширять и обновлять исходный материал. Успех селекционной работы определятся правильным подбором исходного материала. На первом этапе селекции необходим поиск доноров устойчивости, то есть форм, защищенных ранее не используемыми генами устойчивости, способных легко передавать признак при гибридизации. Исходя из этого очевидно, что вопрос о пластичности, адаптации и устойчивости исходного материала не потерял своей актуальности. Использование в селекции генетически однородных доноров предопределяет быструю потерю устойчивости. Поэтому мировые ресурсы являются ценным исходным материалом для выделения и создания новых устойчивых к болезням сортов.

Целью исследования являлось создание селекционного материала пшеницы мягкой яровой, устойчивого к листовым патогенам в условиях лесостепи Приобья Новосибирской области. Задачи. 1. Выявить источники высокой выраженности признаков продуктивности, среди образцов устойчивых к листовым патогенам. 2. Получить новый селекционный материал ранней группы спелости с привлечением выделенных источников, характеризующийся устойчивостью к листовым патогенам.

Исследование проводилось на опытном поле СибНИИРС – филиал ИЦиГ СО РАН. В изучение включены коллекционные образцы с известными генами устойчивости и материал, представляющий интерес для генетических исследований. Работа с коллекцией пшеницы мягкой яровой осуществлялась в 2019–2022 гг. согласно методическим указаниям ВИР «Пополнение, сохранение в живом виде и изучение мировой коллекции пшеницы, эгилопса и тритикале». Посев коллекционных образцов проводили сеялкой ССФК-7 на 2 м², изучаемые сорта без повторений с частым стандартом. Посев селекционного материала и родительских форм в 2023–2024 гг. осуществлялся сажалкой ручной РС-2 с междурядьем 10 см. Статистическую обработку проводили с использованием пакета данных Microsoft Office Excel 2010.

Ранняя группа спелости коллекционных образцов была представлена 8 образцами. Устойчивость к мучнистой росе на уровне 99 баллов выявлена у образца Meri, имеющего ген устойчивости *Pm28*. Образцы Norm (99; 3) и Kenyon (9; 5 б; *Lr26* и *Pm 8*.) обладали устойчивостью к бурой ржавчине, но имели поражения мучнистой росой. Образцы Meri и Kenyon характеризовались выраженностью количественных признаков на уровне стандарта Новосибирская 15 и были выбраны в качестве отцовской формы для проведения

скрещиваний. В качестве материнских форм были выбраны сорта Полюшко, Челябинская ранняя, Новосибирская 16, обладающие высокой продуктивностью, но не обладающие устойчивостью к листовым заболеваниям.

В результате прямых и возвратных скрещиваний от 6 комбинаций получены как устойчивые, так и линии с высоким поражением листовыми патогенами. В результате отборов BC_1F_2 линии поделены на 2 группы: устойчивые и восприимчивые.

Линии BC_1F_2 (Полюшко × Кенуон) × Полюшко имели единичные поражения бурой ржавчиной и достоверно превышали материнскую форму по массе 1000 зерен, числу зерен колоса и массе зерна колоса. По числу продуктивных стеблей и числу зерен растения отмечены достоверные снижения показателей, а по остальным признакам – на уровне значений материнской формы. Линии BC_1F_2 – иммунные к мучнистой росе – имеют достоверное превышение по числу зерен колоса и количественные признаки на уровне сорта Полюшко.

Таблица. Характеристика устойчивости и основные показатели продуктивности образцов яровой мягкой пшеницы

Родительская форма и комбинация	МР, балл	БР, балл	Н, см	ЧПС, шт.	ДК, шт.	ЧКК, шт.	МЗР, г	М 1000, г	ЧЗР, шт.	ЧЗК, шт.	МЗК, г
Полюшко	5	3	81,8	4,0	8,5	14,5	2,77	31,5	89,0	22,6	0,71
Кенуон	5	7	93,3	3,7	10,1	15,0	4,68	39,4	119,7	33,0	1,31
Мегі	99	3	67,1	3,0	9,1	15,7	2,40	29,9	81,2	28,2	0,85
BC_1F_2 (Полюшко × Кенуон) × Полюшко	3	9	85,0	2,0	9,3	14,7	2,04	35,9	57,0	28,5	1,02
BC_1F_2 (Полюшко × Мегі) × Полюшко	99	5	79,7	3,4	8,8	15,6	2,89	30,8	94,7	28,7	0,89
BC_1F_2 (Полюшко × Мегі) × Полюшко	5	5	78,6	2,4	8,8	15,3	1,90	26,2	72,6	32,8	0,80
Челяба ранняя	5	5	94,6	3,2	8,8	13,9	4,00	40,0	100,2	32,3	1,30
BC_1F_2 (Челяба ранняя × Кенуон) × Челябинская ранняя	9-7	9	82,5	2,8	9,3	13,7	4,01	41,0	100,5	37,2	1,50
BC_1F_2 (Челяба ранняя × Мегі) × Челябинская ранняя	9	(9-3)	90,0	3,6	7,7	15,3	4,02	37,4	108,3	31,4	1,17
BC_1F_2 (Челяба ранняя × Мегі) × Челябинская ранняя	5	3	80,0	3,0	8,50	15,0	2,82	33,6	83,0	27,7	0,94
Новосибирская 16	5	5	84,1	3,3	8,2	14,2	3,39	34,0	98,6	31,1	1,07
BC_1F_2 (Новосибирская 16 × Кенуон) × Н 16	7-5	9	86,7	2,0	9,4	15,4	2,17	34,4	59,6	29,9	1,10
BC_1F_2 (Новосибирская 16 × Кенуон) × Н16	5	5	88,8	3,0	9,3	15,0	3,27	36,8	90,8	30,3	1,09
BC_1F_2 (Новосибирская 16 × Мегі) × Н16	9	3	94,1	3,5	9,1	16,0	3,89	34,4	116,8	32,9	1,12
НСР05			7,4	0,6	0,6	0,7	0,87	4,2	19,0	3,4	0,22

МР – мучнистая роса; БР – бурая ржавчина; Н – высота; ЧПС – число продуктивных стеблей; ДК – длина главного колоса; ЧКК – число колосков колоса; МЗР – масса зерна растения; М 1000 – масса 1000 зерен; ЧЗР – число зерен растения; ЧЗК – число зерен колоса; МЗК – масса зерна колоса.

Линии BC_1F_2 с Челябинской ранней по проявлению количественных признаков находятся на уровне с материнским сортом. В линии BC_1F_2 (Челябинская ранняя × Кенуон) × Челябинская ранняя с устойчивостью к бурой ржавчине формирует крупное зерно. Отдельные линии имеют высокую устойчивость к мучнистой росе. Линии BC_1F_2 BC_1F_2 (Новосибирская 16 × Мегі) × Новосибирская 16 с единичными поражениями мучнистой росой характеризуются показателями продуктивности на уровне сорта Новосибирская 16.

Исследование выполнено при поддержке бюджетного проекта ИЦиГ СО РАН № FWNR-2022-0008.

МОДУЛЯЦИЯ АНТИОКСИДАНТОВ *NASTURTIIUM OFFICINALE* R. BR. В УСЛОВИЯХ ФОТОСТРЕССА

М. А. Ахраров¹, Е. М. Гинс², В. К. Гинс³

¹ Российский университет дружбы народов, Москва, Россия, dar7564@yandex.ru

² Федеральный исследовательский центр картофеля имени А.Г. Лорха, Московская область, Россия

³ Федеральный научный центр овощеводства, Одинцово, Россия

MODULATION OF ANTIOXIDANTS IN *NASTURTIIUM OFFICINALE* R. BR. UNDER PHOTOSTRESS CONDITIONS

М. А. Akhrarov¹, E. M. Gins², V. K. Gins³

¹ RUDN University, Moscow, Russia, dar7564@yandex.ru

² Russian Potato Research Center, Moscow Province, Russia

³ Federal Scientific Vegetable Center, Odintsovo, Russia

Кресс водяной (*Nasturtium officinale* R. Br) – пластичное многолетнее растение, относится к семейству Brassicaceae и является природным тетраплоидным растением с $2n = 4x = 32$ хромосомами, из которых диплоидные предшественники неизвестны (Bleeker et al., 1999). В культуре его размножают семенами, черенками, верхушками побегов.

Род *Nasturtium* W.T. Aiton насчитывает 14 видов, однако в культуре и в коммерческих целях используются 2 вида: *Nasturtium officinale* и *Nasturtium microphyllum* Boenn. ex Rchb. Благодаря культивированию кресс водяной распространен по всему миру, где его выращивают как овощную и лекарственную культуру. В обзоре Klimek-jczykutowicz (2018) обобщены данные по влиянию кресса водяного на различные заболевания человека, связанные с противовоспалительной, противоаллергической, антибактериальной, гипогликемической, кардиопротекторной и антидиабетической активностями. Фармакологическая ценность зелени водяного кресса заключается в высоком содержании антиоксидантов, которые укрепляют общую устойчивость организма к различного рода заболеваниям. Особую ценность водяного кресса составляет повышенное содержание йода (450 мг/кг сух. в.) и селена.

В работе использовали растения водяного кресса сорта Подмосковный (рисунок). Основными антиоксидантами этого растения являются аскорбиновая кислота, фенольные соединения и глюкозинолаты.

Исследовали механизмы адаптации антиоксидантной системы листьев и стеблей кресса водяного к фотострессу. Опыты проводили с растениями, выращенными в оптимальных условиях освещения (14 клк), при которых листья и стебли имеют зеленую окраску, а также при действии высокой интенсивности освещения (40 клк), индуцирующей образование сине-фиолетовых пигментов в стебле.

Результаты исследования фракционного состава и содержания фенольных соединений в растениях, выращенных при разной интенсивности освещенности, выявили, что суммарное содержание фенольных соединений в них практически сравнимо, тогда как содержание полифенолов отдельных фракций существенно различается между собой.

Содержание простых фенолов, включая фенолкарбоновые кислоты, а также биофлавоноидов было выше на 25 % и 6 % в листьях растений, выращенных при низкой интенсивности освещения (14 клк), тогда как количество конденсированных полифенолов в них снизилось на 36 %.

В условиях окислительного стресса повысилось содержание аскорбиновой кислоты. В зеленых стеблях растений общее содержание фенольных соединений было на 13 % ниже по сравнению с сине-фиолетовыми стеблями растений, вегетирующих при высокой

интенсивности света. В зеленых стеблях растений кресса водяного обнаружено накопление лейкоантоцианов (предшественников антоцианов). В условиях высокой интенсивности освещения из лейкоантоцианов индуцируется синтез антоцианов, окрашивающих стебель в сине-фиолетовый цвет. В пигментированных стеблях обнаружено снижение количества флавоноидов до 2 раз по сравнению с зелеными стеблями при значительном уменьшении содержания конденсированных и полимерных полифенолов. В пигментированных стеблях обнаружена аккумуляция хлорогеновой и кофейной кислот.

Таким образом, в условиях окислительного фотостресса содержание антиоксидантов в листьях кресса водяного увеличивалось за счет возрастания количества аскорбиновой кислоты, каротиноидов и полимерных полифенолов, тогда как в стеблях – за счет синтеза *de novo* антоцианов, кофейной и хлорогеновой кислот, которые проявляют высокую антиоксидантную активность.



Рисунок. Растение кресса водяного *Nasturtium officinale* сорта Подмосковный

ОЦЕНКА ИСХОДНОГО МАТЕРИАЛА ГОРОХА ПОСЕВНОГО В КОЛЛЕКЦИОННОМ ПИТОМНИКЕ В УСЛОВИЯХ ЦЕНТРАЛЬНОЙ ЯКУТИИ

И. Ф. Бардеев

Якутский научный центр Сибирского отделения Российской академии наук (ЯНЦ СО РАН), Якутский научно-исследовательский институт сельского хозяйства имени М.Г. Сафронова – обособленное подразделение ЯНЦ СО РАН, Якутск, Россия, bardeev86@inbox.ru

EVALUATION OF THE SOURCE MATERIAL OF CULTIVATED PEA IN THE COLLECTION NURSERY IN CENTRAL YAKUTIA

I. F. Bardeev

Yakut Scientific Center of the Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences (YaSC SB RAS), M.G. Safronov Yakut Scientific Research Institute of Agriculture – subdivision of the YaSC SB RAS, Yakutsk, Russia, bardeev86@inbox.ru

Климатические особенности Якутии в значительной мере определяются ее географическим расположением на сравнительно высоких широтах в северо-восточной части Евразии. Основной особенностью климата Центральной Якутии, как и всей Якутии, является ее резкая континентальность. Она характеризуется холодной продолжительной зимой с небольшими осадками, коротким жарким засушливым летом, короткими весенними и осенними периодами. Среднегодовая сумма осадков составляет 250–260 мм. Республика Саха (Якутия) известна как сельскохозяйственный регион, где основным направлением является животноводство.

Одним из ключевых условий для дальнейшего увеличения объемов продукции животноводства – это обеспечение животных полноценными, сбалансированными по питательности, высокобелковыми кормами. Для решения этой задачи необходимо расширение посевов высокобелковых растений, таких как горох посевной. В связи с этим в Якутском НИИСХ с 2011 г. изучается коллекция сортов гороха, полученная из отдела зернобобовых культур Всероссийского института генетических ресурсов имени Н.И. Вавилова, как исходный материал для дальнейшей селекции с целью выведения сорта, адаптированного к почвенно-климатическим условиям Якутии. И в 2019 г. Якутским научно-исследовательским институтом сельского хозяйства создан и районирован усатый сорт гороха посевного ‘Сарыал’, который отличается устойчивостью к полеганию. Основным его автором является заслуженный агроном Республики Саха (Якутия) Конюхов Глеб Иванович, основоположник и вдохновитель распространения зернобобовых культур в Якутии (рисунок).

В настоящее время работы по селекции гороха посевного продолжают, созданы гибриды, сохранена и пополнена коллекция сортообразцов. При изучении коллекционного материала особое внимание уделяется изучению образцов по ценным хозяйственным признакам. По предварительным данным (2022–2023 гг.), в условиях Центральной Якутии наиболее высокорослыми образцами являются сорт ‘Кормовик’ и образец к-6069 (Казахстан); высокая устойчивость к полеганию отмечается у короткостебельных сортов ‘Сарыал’, ‘Демос’ и ‘Ямальский’. Наибольшее число фертильных узлов и бобов на растении наблюдается у сорта ‘Мелкосемянный 2’, образцов к-6069 (Казахстан) и к-6367 (Монголия). По числу бобов на фертильном узле выделяются сорт ‘Аксайский усатый 12’ и образец к-8944. Максимальное количество семян в бобе отмечается у образца к-6367 (Монголия). Самым скороспелым из изучаемой коллекции гороха в Якутии в среднем за два года является сорт ‘Atisem’.



Рисунок. Глеб Иванович Конохов на опытных делянках коллекционного питомника

УЧАСТИЕ ГЕНОВ ФЛАВОНОИДНОГО И КАРОТИНОИДНОГО МЕТАБОЛИЧЕСКИХ ПУТЕЙ В АДАПТИВНОЙ РЕАКЦИИ РАСТЕНИЙ КАРТОФЕЛЯ НА ХОЛОДОВОЙ СТРЕСС

А. В. Быкова

Федеральный исследовательский центр «Фундаментальные основы биотехнологии»
Российской академии наук, Москва, Россия, kulakova_97@mail.ru

PARTICIPATION OF GENES OF FLAVONOID AND CAROTENOID METABOLIC PATHWAYS IN THE ADAPTIVE RESPONSE OF POTATO PLANTS TO COLD STRESS

A. V. Bykova

Federal Research Center “Fundamentals of Biotechnology” of the Russian Academy of Sciences,
Moscow, Russia, kulakova_97@mail.ru

Одним из наиболее пагубных абиотических факторов, влияющих на растения умеренного климата, является низкотемпературный стресс и прежде всего возвратные весенние холода. Воздействие низкой положительной температуры подавляет метаболические процессы, поглощение воды и клеточную дегидратацию у растений. Вторичные метаболиты играют жизненно важную роль в защите растений от неблагоприятных условий окружающей среды и связанного с ними оксидативного стресса. Увеличение синтеза и накопления вторичных метаболитов для борьбы с абиотическим стрессом указывает на тесную связь между вторичными метаболитами и устойчивостью к стрессам. Одними из основных метаболитов с защитной функцией в растении считаются каротиноиды и антоцианы.

Картофель *Solanum tuberosum* L. является важнейшей овощной культурой. На территории РФ одним из главных и частых абиотических стрессоров для растений картофеля считается весенние возвратные холода, негативно влияющие на урожайность. Листья картофеля под воздействием холодого стресса активно теряют влагу, что может приводить к увяданию, ослаблению или даже гибели всего растения.

Целью данного исследования стал анализ реакции растений картофеля (на примере сорта Леди Клэр) на холодого стресс в лабораторных условиях (имитация возвратных холодов). Для этого проростки выдерживались в климатической камере при +3 °C в течение 48 часов с отбором проб в динамике стресса. Собранные пробы использовались для анализа содержания метаболитов (антоцианы, каротиноиды) и экспрессии генов флавоноидного (*CHS2*, *CHI*, *F3H*, *DFR*, *ANS*, *GL3*, *HY5*) и каротиноидного (*PSY1*, *PSY2*, *PSY3*) путей. Далее растения возвращались в нормальные условия (+21 °C) с отбором проб спустя 12 ч восстановительного периода и анализом генной экспрессии.

В результате проведенного биохимического анализа было показано, что количество антоцианов первые 12 ч после начала воздействия низкой температуры почти не меняется с небольшой тенденцией к повышению, однако резко снижается спустя сутки и двое холодого стресса. При этом существенных изменений содержания каротиноидов не наблюдалось в течение всего стресса.

Анализ генной экспрессии показал, что почти все гены флавоноидного пути демонстрируют сходный профиль экспрессии: резкое повышение уровня через 6 ч стресса, затем снижение спустя 24 ч и 48 ч и резкое увеличение в восстановительный период. Отметим, что данный паттерн характерен и для структурных (*CHS2*, *CHI*, *F3H*, *DFR*, *ANS*) и для регуляторных (*GL3*, *HY5*) генов пути. При рассмотрении генов, непосредственно регулирующих синтез антоцианов (*ANS*), было обнаружено, что их экспрессия практически не меняется, что соответствует наблюдаемым изменениям в содержании антоцианов.

В случае генов биосинтеза каротиноидов, где мы анализировали все три гена

фитоинсинтаз (*PSY1*, *PSY2* и *PSY3*), являющихся первыми ферментами пути, было показано, что во всех точках сбора ткани наиболее высокой экспрессией характеризовался *PSY2* (на порядок выше, чем *PSY1*), наиболее низкой – *PSY3*. Уровень транскриптов хромопласт-специфичного гена *PSY1* повторял паттерн флавоноидных генов с резким ростом спустя 6 ч стресса, дальнейшим постепенным снижением к 48 ч и ростом в период восстановления. Хлоропласт-специфичный ген *PSY2* показывал сходную тенденцию, однако рост уровня его экспрессии достигал максимума через 24 ч стресса, затем снижался к 48 ч и возрастал при восстановлении (в ~5 раз в сравнении с дострессовым значением). Профиль экспрессии *PSY3* совпадал с паттерном *PSY1*, однако уровень его транскриптов был на порядок ниже.

Полученные результаты продемонстрировали участие генов флавоноидного и каротиноидного метаболических путей и соответствующих им соединений в адаптивной реакции растений картофеля на холодовой стресс.

БИОХИМИЧЕСКОЕ ИЗУЧЕНИЕ ОБРАЗЦОВ ЖИТНЯКА РОДА *AGROPYRON* GAERTN. МИРОВОЙ КОЛЛЕКЦИИ ГЕНЕТИЧЕСКИХ РЕСУРСОВ ВИР (К 110-ЛЕТИЮ КОЛЛЕКЦИИ ЖИТНЯКА В БЮРО ПО ПРИКЛАДНОЙ БОТАНИКЕ)

В. В. Васипов, А. А. Кочегина, Л. Л. Малышев

Федеральный исследовательский центр Всероссийский институт генетических ресурсов растений имени Н.И. Вавилова (ВИР), Санкт-Петербург, Россия, vl.vasipov@gmail.com

BIOCHEMICAL STUDY OF WHEATGRASS (*AGROPYRON* GAERTN.) ACCESSIONS FROM THE VIR GLOBAL COLLECTION OF PLANT GENETIC RESOURCES (ON THE 110TH ANNIVERSARY OF THE WHEATGRASS COLLECTION AT THE BUREAU OF APPLIED BOTANY)

V. V. Vasipov, A. A. Kochegina, L. L. Malyshev

N.I. Vavilov All-Russian Institute of Plant Genetic Resources (VIR), St. Petersburg, Russia, vl.vasipov@gmail.com

Виды житняка широко используют в сельском хозяйстве многих стран мира как высоко засухоустойчивую, морозостойкую, устойчивую к засолению многолетнюю продуктивную, кормовую культуру, ценный питательный корм для разных видов сельскохозяйственных животных. Его применяют для фитомелиорации пастбищ и реставрации деградированных почв. Несомненными преимуществами житняка служит способность возобновления после жестоких засух, быстрого ранневесеннего отрастания, эффективного использования влаги зимних и средних осадков, низкой требовательности к почвенному плодородию.

В коллекцию Бюро по прикладной ботанике первые образцы житняка (к-420) поступили в 1913 г., в Гербарий Бюро – в 1914 г. И если в первые годы коллекция пополнялась в основном образцами семян из Краснокутской опытной селекционной станции от профессора В. С. Богдана, который ввел житняк в культуру в 1895 г., то затем начались институтские экспедиционные сборы образцов в Самарской, Екатеринославской губерниях, Казахстане и Крыму. Зарубежные экспедиции включали поступления образцов житняка: первая зарубежная В. Е. Писарева (Монголия, 1923), знаменитая экспедиция в Афганистан Н. И. Вавилова, Д. Д. Букинич, В. Н. Лебедева (1924); П. М. Жуковского (Турция, 1925); Н. И. Вавилова, М. Г. Попова (Западный Китай, 1929). Многочисленные экспедиции были проведены до Великой Отечественной войны в Туркмению, Узбекистан, Армению, Грузию, Саяны, Сибирь, Алтай, Дальний Восток, на Север, на Волгу. Очень основательно был исследован Казахстан. Большой вклад в формирование коллекции внесла соратник Н. И. Вавилова – Е. Н. Синская. В 1940 г. коллекция кормовых культур насчитывала 25 тыс. образцов, в том числе житняка – 466. К сожалению, во время войны коллекция житняка была утрачена. Сбор новой коллекции начался только в 1950-е гг. В настоящее время коллекция житняка насчитывает 846 образцов.

В литературе имеются разрозненные данные по биохимическому и аминокислотному составу семян житняка, также насколько нам известно, до начала нашей работы жирно-кислотный состав общих липидов семян житняка не исследовался. Это первая работа, посвященная углубленному изучению биохимического состава мировой коллекции житняка. Материалом для исследования служила мировая коллекция житняка ВИР. Девятнадцать образцов житняка репродуцировались в 2023 г. в условиях экспериментального поля Волгоградской опытной станции – филиале ВИР). В изучение были включены виды: *Agropyron desertorum* (Fisch. ex Link) Schult., *Agropyron fragile* (Roth) Candargy, *Agropyron pectinatum* (Bieb.) Beauv., *Agropyron distichum* (Georgi) Peschkova, *Agropyron cristatum* (L.) Beauv.

У всех образцов было определено содержание белка, масла, аминокислотный профиль и профиль жирных кислот суммарных липидов. Перед анализом образцы семян размалывали на мельнице ЛМЦ-5 «Циклон» (ООО «Таглер», Россия). Образцы для определения массовой доли сырого протеина минерализовали с использованием системы Buchi, которая состояла из установки для разложения (Buchi Speed Digester K-436, Швейцария) со скруббером (Buchi Scrubber B-414, Швейцария). Минерализованные пробы отгоняли с помощью дистилляционной установки (Buchi Kjeldahl Unit K-370, Швейцария). Дистиллят собирали в раствор борной кислоты (4 % мас./об.) и титровали раствором серной кислоты (0.05 моль/л). Конечную точку титрования определяли потенциометрически. Коэффициент пересчета общего содержания азота на сырой протеин 6,25.

Масличность определяли по методу Сокслета в модификации Рушковского по массе сухого обезжиренного остатка. Состав общих аминокислот определяли с помощью аминокислотного анализатора ARACUS (MembraPure GmbH, Боденхайм, Германия), оснащенного колонкой в литиевой форме и фотометрическим детектором с длинами волн 440 (для пролина) и 570 нм (для всех остальных аминокислот). Построение хроматограмм и определение содержания аминокислот производили с помощью программы Aminoreak. Образцы муки из семян житняка перед анализом гидролизовали в 6М HCl в сушильном шкафу с принудительной вентиляцией при 110 °С в течение 24 часов. Суммарные липиды для анализа жирнокислотного состава выделяли методом Фолча. Метилловые эфиры жирных кислот получали методом этерификации с метилатом натрия в метаноле. Полученные метилловые эфиры жирных кислот анализировали на газовом хроматографе Хроматэк-Кристалл 5000 с пламенно-ионизационным детектором (ЗАО СКБ Хроматэк, Россия, Йошкар-Ола) на 30 м капиллярной кварцевой колонке DB-23 (Agilent Technologies, США). Построение хроматограмм и расчет результатов анализа производили с помощью программы Хроматэк Аналитик (ЗАО СКБ Хроматэк, Россия, Йошкар-Ола). Содержание сырого белка в пересчете на абсолютно сухое вещество в изученных образцах семян житняка варьировало от 13,09 до 22,61 %. Масличность в пересчете на абсолютно сухое вещество составляло от 2,3 до 4,9 %.

Определены следующие 8 незаменимых аминокислот в семенах житняка: валин, метионин, изолейцин, лейцин, фенилаланин лизин, гистидин, треонин; условно незаменимые аминокислоты: аргинин, цистеин, глютамин+глутаминовая кислота, глицин, пролин, тирозин и заменимые аминокислоты: аланин, аспарагин+аспарагиновая кислота. Всего определено 17 аминокислот, кроме триптофана. Первой лимитирующей аминокислотой для житняка является лизин, что характерно для трибы Пшеницевые, содержание лизина в изученных образцах варьировало от 2,54 до 3,93 г/100 г белка. Второй лимитирующей аминокислотой являлся треонин с содержанием от 3,05 до 3,72 г/100 г белка. Содержание валина было в пределах от 4,05 до 5,25, метионина – от 1,00 до 2,08, изолейцина – от 3,34 до 4,21, лейцина – от 6,26 до 6,92. В составе суммарных липидов житняка было идентифицировано 17 жирных кислот. Мажорными из них были следующие кислоты: стеариновая, пальмитиновая, относящиеся к классу насыщенных жирных кислот, олеиновая, относящаяся к классу ω -9, и две эссенциальные жирные кислоты: линолевая, относящаяся к классу ω -6, и α -линоленовая, относящаяся к классу ω -3. Минорными жирными кислотами с концентрацией < 1 являлись: лауриновая, миристиновая, пентадекановая, пальмитолеиновая, вакценовая, арахиновая, гондоиновая, бегеневая, эруковая, трикозановая, лигноцериновая, нервоновая. Содержание пальмитиновой кислоты колебалось в пределах от 8,25 до 13,62 %, олеиновой кислоты – от 17,43 % до 28,96 %, линолевой – от 39,43 % до 55,37 %, α -линоленовой – от 3,94 % до 20,0 %.

Таким образом, среди изученных образцов житняка можно выделить генотипы с высоким содержанием белка, масла, эссенциальных аминокислот и жирных кислот для дальнейшего вовлечения в селекцию.

АНАЛИЗ АБК-ЗАВИСИМЫХ ГЕНОВ, СВЯЗАННЫХ С «РЕАКЦИЕЙ НА ОБЕЗВОЖИВАНИЕ», В СВЯЗИ С ВЫСУШИВАНИЕМ И ПОСЛЕДУЮЩЕЙ РЕГИДРАТАЦИЕЙ ПРОРОСТКОВ ГОРОХА (*PISUM SATIVUM* L.)

П. С. Вилис¹, Е. А. Крылова^{1,2}, Е. К. Хлесткина², С. С. Медведев¹, Г. Н. Смоликова¹

¹ Санкт-Петербургский государственный университет, Санкт-Петербург, Россия, st096352@student.spbu.ru

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

ANALYSIS OF ABA-DEPENDENT GENES ASSOCIATED WITH “RESPONSE TO DEHYDRATION” IN RELATION TO DRYING AND REHYDRATION OF PEA (*PISUM SATIVUM* L.) SEEDLINGS

P. S. Vilis¹, E. A. Krylova^{1,2}, E. K. Khlestkina², S. S. Medvedev¹, G. N. Smolikova¹

¹ St. Petersburg State University, St. Petersburg, Russia, st096352@student.spbu.ru

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

Высшие растения часто страдают от засухи и снижают продуктивность даже при небольшом снижении влагосодержания. Однако зрелые ортодоксальные семена способны переносить потерю воды без потери жизнеспособности. Более того именно устойчивость к обезвоживанию, которую семена приобретают на поздних этапах созревания, позволяет им в состоянии покоя противостоять неблагоприятным факторам внешней среды. Генетическая программа, которая ответственна за способность семян выживать при высушивании, связана с экспрессией генов, кодирующих сеть транскрипционных факторов LAFL (LEC1, ABI3, FUS3 и LEC2). Потеря устойчивости к обезвоживанию происходит при прорастании семян. Большинство исследователей считают, что это происходит на этапе инициации роста зародышевого корня. Однако наши эксперименты, проведенные на зародышевых осях прорастающих семян *Pisum sativum* L., показали, что на этом этапе только *PsABI3* имел ненулевую экспрессию, остальные гены сети блокировались на более ранних стадиях (Smolikova et al., 2022, 2024). При этом наблюдалась экспрессия генов *PsABI4* и *PsABI5*, которая, однако, существенно снижалась в момент перехода от стадии семени к стадии проростка.

Целью данной работы являлся более детальный анализ механизмов потери устойчивости к обезвоживанию и поиск подходов к реактивации генов *PsABI3*, *PsABI4* и *PsABI5* на ювенильной стадии развития проростков.

Объектом исследования являлись проростки *P. sativum* сорта Прима. В эксперименте использовали необработанные семена (контроль) и семена, которые предварительно подвергали набуханию-высушиванию на этапе прорастания (гидропрайминг). Семена обоих вариантов проращивали 3 суток. Проростки с длиной корня до 20 мм высушивали в течение суток и опять гидратировали еще сутки. Далее из проростков изолировали зародышевые оси и выделяли из них РНК и ДНК. Показано, что после высушивания с последующей регидратацией экспрессия генов *PsABI3*, *PsABI4* и *PsABI5* в зародышевых осях проростков увеличивалась примерно в 6 раз. При этом предварительный гидропрайминг семян усиливал данный эффект и приводил к увеличению экспрессии *PsABI4* в 10 раз и *PsABI5* в 20 раз. Важную роль в изменении экспрессии генов играет эпигенетическая регуляция, в том числе путем метилирования ДНК. В данной работе мы изучили паттерн метилирования промоторов генов, кодирующих факторы транскрипции ABI3/4/5, с использованием метода бисульфитного секвенирования. У всех промоторов наблюдалась высокая степень метилирования. Однако имелись «открытые» неметилированные участки, паттерн которых отличался у проростков, выросших из семян, перенесших гидропрайминг. Вероятно, циклы набухания-высушивания на этапе

прорастания семян и начальных этапах развития проростков приводят к реактивации АБК-зависимых генов, связанных с «реакцией на обезвоживание».

Работа выполнена при поддержке гранта РФФИ № 20-16-00086-П.

ИЗУЧЕНИЕ УСТОЙЧИВОСТИ ГЕНЕТИЧЕСКОЙ КОЛЛЕКЦИИ BRASSICACEAE К НОВЫМ АГРЕССИВНЫМ ШТАММАМ ФОМОЗА

А. В. Вишнякова, М. А. Никитин

Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К.А. Тимирязева,
Москва, Россия, a.vishnyakova@rgau-msha.ru

RESISTANCE TO NEW AGGRESSIVE STRAINS OF BLACKLEG IN THE BRASSICACEAE GENETIC COLLECTION

A. V. Vishnyakova, M. A. Nikitin

Russian State Agrarian University – Moscow Timiryazev Agricultural Academy, Moscow,
Russia, a.vishnyakova@rgau-msha.ru

Фомоз (*Phoma lingam*) представляет собой заболевание масличного рапса (*Brassica napus*), имеющее международное значение и приводящее к существенным потерям урожая на территории Европы, Австралии и Северной Америки. Только в Великобритании ущерб от фомоза оценивался в 56 миллионов евро за сезон. В Российской Федерации изоляты заболевания были выделены исследователями Всероссийского института защиты растений в рамках обследования полей озимого рапса в таких регионах, как Калининградская и Ленинградская области, республика Адыгея и Краснодарский край. Это говорит о том, что проблема фомоза актуальна и в России. По данным Пивня и соавторов (2012), в Краснодарском крае фомоз является наиболее разрушительной и повсеместно распространенной болезнью рапса. Полевые исследования селекционных и коллекционных образцов озимого рапса, проведенные во ВНИИ масличных культур на естественном инфекционном фоне, показали отсутствие полностью резистентных образцов. Создание сортов и гибридов с генетической устойчивостью к фомозу является надежным способом защиты и профилактики, снижающим затраты производителей на химические методы защиты. При селекции на устойчивость важно изучать устойчивость к местным штаммам заболевания. Целью данной работы было изучение устойчивости коллекции растений семейства Brassicaceae к новым агрессивным изолятам *Leptosphaeria* sp.

В работе было изучена устойчивость образцов Brassicaceae к изолятам *L. biglobosus* 4.167 и *L. maculans* 4.2261, 4.274, полученными из Всероссийского института защиты растений. Коллекция образцов Brassicaceae представлена 1 образцом *Brassica carinata*, 1 образцом *B. juncea*, 2 образцами *Sinapis alba*, 25 образцами озимого рапса, 4 образцами капусты белокочанной, 1 образцом дайкона, 3 образцами редиса, 1 образцом редьки. Инокуляцию 14-дневных проростков проводили проколом семядольных листьев и нанесением капли инокулюма, представленного суспензией мицелия патогена в дистиллированной воде в концентрации 100 мг/мл. Инокулированные растения размещали под пленочными укрытиями. Учеты поражения проводили на 3-й и 5-й день после инокуляции изолятами *Leptosphaeria biglobosus* 4.167 и *L. maculans* 4.226 и на 10-й и 14-й день после инокуляцией изолятом *L. maculans* 4.274 по 9-балльной шкале с модификациями: 0 – отсутствие потемнения вокруг ран; 1 – ограниченное почернение вокруг ран, диаметр поражения 0,5–1,5 мм; 3 – темные некротические поражения 1,5–3,0 мм; 5 – темные поражения 3–6 мм, коричневатые на нижней поверхности; 7 – серо-зеленые поражения ограниченного размера или крупные некротические поражения; 9 – крупные серо-зеленые поражения с обильным спороношением или гибель растения.

В результате инокуляции штаммами *L. biglobosus* 4.167 и *L. maculans* 4.226 наблюдали быстрое распространение патогена по сосудистой системе и, как следствие, побеление и гибель растений (рисунок). К пятому дню после инокуляции сохранилось 1 растение рапса генотипа Клгг, которое проявило устойчивость к заражению *L. biglobosus* 4.167, симптомы поражения на семядолях наблюдали на уровне 3 баллов. При инокуляции

штаммом *L. maculans* 4.226 сохранилось одно растение рапса генотипа Эйгг, на семядолях наблюдали развитие симптомов поражения фомозом на уровне 3–5 баллов, однако патоген не распространялся далее по сосудистой системе. Выделить источники устойчивости к изолятам *L. biglobosus* 4.167 и *L. maculans* 4.226 у других изученных нами видов семейства Brassicaceae не удалось.



Рисунок. Коллекция образцов семейства *Brassicaceae* на 3 день после инокуляции *Leptosphaeria biglobosus* 4.167

При инокуляции коллекции изолятом *L. maculans* 4.274 симптомы поражения развивались медленнее, и учеты проводили на 10-й и 15-й день после инокуляции (ДПИ). Характерно постепенное развитие симптомов и проявление толерантности растений к заболеванию, семядоли сильно поражались, серели и отсыхали, однако инфекция не распространялась по сосудам стебля, что способствовало выживанию растения. Все виды *Brassica carinata*, *B. juncea*, *Sinapis alba*, *Raphanus raphanistrum* и *R. sativus* проявили толерантность к болезни, несмотря на полное поражение семядолей к 15 ДПИ. Среди образцов *Brassica napus* (Кугг, Клгг, Гумгг, Абсгг, Пикгг, Крогг, Месгг, Конгг, Аургг, Ромгг, Атгг, Алгг, Кигг, Дагг, Мегг, Вигг) наблюдалась гибель отдельных растений от фомоза, при этом у образца Кугг погибли все растения. Остальные образцы *B. napus* продемонстрировали толерантность, сохранив жизнеспособность. Гибель растений среди *B. oleracea* была зарегистрирована только у образца Валентина; остальные образцы проявили толерантность к заболеванию.

Изученные штаммы *Leptosphaeria* sp. отличались по агрессивности и скорости распространения симптомов заболевания. В исследовании не было обнаружено полностью устойчивых растений ни к одному из изученных штаммов, однако ряд образцов проявил толерантность к заболеванию.

Исследование выполнено за счет гранта Российского научного фонда № 23-76-01085, <https://rscf.ru/project/23-76-01085/>.

**КОЛЛЕКЦИЯ ГЕНЕТИЧЕСКИХ РЕСУРСОВ НУТА:
ЭКОЛОГО-ГЕОГРАФИЧЕСКОЕ РАЗНООБРАЗИЕ И ПЕРСПЕКТИВЫ
ИСПОЛЬЗОВАНИЯ В ЗАПАДНОЙ СИБИРИ**

А. А. Власова, С. П. Кузьмина

Омский государственный аграрный университет имени П.А. Столыпина, Омск, Россия,
aa.vlasova1912@omgau.org

**COLLECTION OF CHICKPEA GENETIC RESOURCES:
ECOGEOGRAPHIC DIVERSITY AND PROSPECTS OF UTILIZATION IN WESTERN
SIBERIA**

A. A. Vlasova, S. P. Kuzmina

Omsk State Agrarian University named after P.A. Stolypin, Omsk, Russia,
aa.vlasova1912@omgau.org

Нут (*Cicer arietinum* L.) – вторая зернобобовая культура в мире по занимаемым посевным площадям и третья по объему производства зерна. Спрос на зерно нута обусловлен наличием в нем множества питательных веществ: белка, железа, клетчатки, фолиевой кислоты, калия, он имеет низкий гликемический индекс, характеризуется отсутствием холестерина и глютенa. Основные мировые площади возделывания культуры сосредоточены в районах с жарким и засушливым климатом. В условиях Западной Сибири, в зонах с регулярными засухами, также наблюдается увеличение посевных площадей под нутом. Наблюдающееся потепление климата создает возможность продвижения на север ареала возделывания этой новой нетрадиционной для региона культуры до южной лесостепной зоны Омской области.

Основными характеристиками сортов нута, определяющими пригодность для возделывания в Западной Сибири, являются: высокая урожайность, укороченный вегетационный период и устойчивость к воздействию стрессовых био- и абиотических факторов. Исходным материалом для создания таких сортов может служить коллекция образцов нута из различных эколого-климатических зон. Благодаря скрещиванию географически удаленных родительских генотипов генетический фонд исходного материала для селекции расширяется.

Для оценки коллекционного материала на начальных этапах селекции по широкому спектру разнокачественных признаков эффективным является применение метода кластерного анализа, что дает возможность ускорить процесс создания новых сортов. Цель нашей работы – с помощью кластерного анализа сгруппировать образцы нута по совокупности хозяйственно ценных признаков и рекомендовать источники для дальнейшей селекции в качестве компонентов для скрещивания.

Экспериментальная часть работы выполнялась в учебно-опытном хозяйстве Омского ГАУ совместно с ЦКП «Селекция и семеноводство полевых культур» в южной лесостепи Омской области (2018–2021 гг.). Объектом исследований служили 20 коллекционных образцов и селекционных линий, полученные из Федерального исследовательского центра Всероссийского института генетических ресурсов растений имени Н.И. Вавилова (ВИР, г. Санкт-Петербург) и 20 образцов коллекции соматоклонов (имеющие в названии индекс «С»), полученные из Сибирского НИИ кормов (г. Новосибирск). В качестве стандарта использовали районированный сорт 'Краснокутский 123' (к-1917). Учеты и наблюдения проводили согласно «Методическим указаниям по изучению коллекции зерновых бобовых культур» (1975) и «Классификатору рода *Cicer* L.» (1980). Кластерный анализ образцов по комплексу хозяйственно ценных признаков проводили с помощью программного пакета для статистического анализа Statistica 10.

Для группировки образцов нута в относительно однородные кластеры было проведено попарное сравнение по 10 различным характеристикам: высота растений, высота прикрепления нижнего боба, число и масса бобов с одного растения, число и масса семян с одного растения, размер семян, продолжительность периода «всходы – цветение», морфотип семян и тип куста. Применение кластерного анализа на основе изученных хозяйственно ценных признаков позволило разделить коллекционные образцы нута на 5 кластеров, имеющих разную селекционную ценность. Образцы, выделенные в кластеры, отличаются набором признаков внутри группы и имеют достоверные различия с другими кластерами.

В первый кластер вошли 11 образцов нута (сомаклоны: С1-Александрит, С4-Deemin, С8-Александрит, С11-Юбилейный, С17-С11, С19-1-10, С23-Колорит; коллекции ВИР: Линия С-35, Линия С-82, 25-Б (к-3843), 14-Б (к-3837)). Образцы этого кластера высокорослые, окраска семян преимущественно темная, куст компактный, характеризуются низкими показателями продуктивности и являются малоперспективными для использования в селекции в качестве компонентов для скрещивания в условиях Омской области.

Во второй кластер вошли 9 образцов нута (сомаклоны: С3-Александрит, С7-Александрит, С9-А11, С10-Колорит, С16-Краснокутский 123, С21-Ф11; коллекции ВИР: С-17 (к-3833), С-27 (к-3827), ПС-2394 (к-3273)), имеющие несущественное преимущество по отдельным хозяйственно ценным признакам, окраска семян преимущественно темная, куст раскидистый.

В третий кластер вошли 7 образцов преимущественно с развалистым типом куста (сомаклоны: С5-Краснокутский 123, С6-Александрит, С12-Днепропетровский высокорослый, С13-Deemin, С14-Александрит; коллекции ВИР: Линия С-80, ПС-10005 (к-351)), имеющие наименьшую выраженность всех хозяйственно ценных признаков. Образцы этого кластера также малоперспективны для практической селекции.

В четвертый кластер вошли крупносемянные образцы, преимущественно со светлой окраской и компактным кустом (сомаклоны: С2-Краснокутский 123; коллекции ВИР: Приво 1 (к-3484), Волгоградский 10 (к-2197), ПС-2402 (к-3276), С-303 (к-3832), ПС-482 (к-3062), имеющие максимальную выраженность селекционно ценных признаков. Образцы данного кластера следует считать наиболее перспективными по комплексу хозяйственно ценных признаков для селекционных целей.

В пятый кластер вошли образцы со светлой окраской семян, незначительно уступающие по массе 1000 семян образцам четвертого кластера, но существенно уступающие им по семенной продуктивности (сомаклоны: С22-Александрит; коллекции ВИР: Линия С-16, Линия С-18, 16-Б (к-3845), С-243 (к-3830), С-03 (к-3834), ПС-6188 (к-3407)). Образцы высокорослые, имеют компактный куст, но склонны к затягиванию вегетационного периода. Образцы могут быть рекомендованы в селекции по отдельным ценным признакам: технологичности и крупнозерности.

В научных исследованиях, проведенных отечественными и зарубежными учеными, было выявлено, что образцы из кластеров, расположенных максимально далеко друг от друга, могут быть использованы в качестве родительских компонентов для скрещивания в селекционных программах. Это позволяет создавать сорта, сочетающие в себе комплекс ценных признаков. Таким образом, образцы максимально удаленных друг от друга кластеров – 2 и 5, имеющих отдельные ценные признаки, целесообразно использовать в качестве родительских компонентов для получения высокогетерозисного потомства.

ГЕНЫ-КАНДИДАТЫ ПУТИ БИОСИНТЕЗА БЕТАЛАИНОВ ДЛЯ РЕДАКТИРОВАНИЯ СВЕКЛЫ СТОЛОВОЙ (*BETA VULGARIS L.*)

Е. Е. Гончарова¹, А. С. Михайлова², Н. А. Швачко², Е. К. Хлесткина^{1,2}

¹ Научно-технологический университет «Сириус», Краснодарский край, Россия,
goncharova.cat2016@yandex.ru

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

CANDIDATE GENES OF THE BETALAIN BIOSYNTHESIS PATHWAY FOR EDITING *BETA VULGARIS L.*

E. E. Goncharova¹, A. S. Mikhailova², N. A. Shvachko², E. K. Khlestkina^{1,2}

¹ Sirius University of Science and Technology, Krasnodar Territory, Russia,
goncharova.cat2016@yandex.ru

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

Беталаины представляют собой немногочисленный класс пигментов, характерных для порядка гвоздикоцветные (Caryophyllales), многие представители которого заменили этими пигментами антоциановую окраску. Данные водорастворимые пигменты синтезируются растениями из тирозина, а их центральным элементом является беталамовая кислота. Данная группа включает в себя как пигменты красного (бетацианины), так и желтого (бетаксантины) цвета.

Свекла как яркий представитель порядка Гвоздикоцветные является экономически важной культурой, которая обладает большим количеством питательных свойств. Биологически активные соединения в данной культуре, такие как беталаины, также придают свекле много полезных свойств, поскольку пигменты известны своими антиоксидантными свойствами. Помимо этого, они являются основой натурального красителя из свеклы столовой «Beet Red-E162».

В пути биосинтеза беталаинов основную роль занимают *Bv DODA1*, который превращает L-ДОФА в беталамовую кислоту, а также гены *Bv CYP76AD1/5/6*, которые гидроксилируют тирозин и осуществляют циклизацию L-ДОФА (*CYP76AD1*). Потеря функций данных генов вследствие накопления/появления различных мутаций ведет к потере беталаиновой пигментации.

В коллекции ВИР представлены образцы свеклы столовой с контрастным содержанием беталаиновых пигментов от бесцветных до ярко-красных. С помощью современных методов редактирования, таких как Crispr/Cas, можно выявить потенциальные гены, отвечающие за накопление данной группы пигментов.

Нами отобраны и введены в культуру *in vitro* и получен каллус у пигментированных сортов свеклы столовой для нокаута и дальнейшей проверки функциональности гена *Bv DODA1*. Нокаутирование данного гена будет проведено с применением метода Crispr/Cas, доставка конструкции будет осуществлена с помощью агробактериальной трансформации. В настоящее время осуществлена трансформация проростков свеклы конструкцией для нокаута гена *Bv DODA1* для 60 образцов. Выполняется процесс обработки результатов и выявления образцов с редактированным геномом. По результатам данной работы будет установлена функция гена *Bv DODA1*, что в свою очередь найдет применение в дальнейшей селекции свеклы столовой и получения новых сортов с заданным содержанием беталаинов.

Работа выполняется при финансовой поддержке проекта Российского научного фонда № 21-66-00012.

БРУСНИЧНЫЕ В КОЛЛЕКЦИИ ЦЕНТРАЛЬНОГО СИБИРСКОГО БОТАНИЧЕСКОГО САДА СО РАН

А. Б. Горбунов, Е. В. Титов

Центральный сибирский ботанический сад Сибирского отделения Российской академии наук (ЦСБС СО РАН), Новосибирск, Россия, alex_gorbunov22@mail.ru, titov812009@yandex.ru

SUBFAM. VACCINIOIDEAE ARN. IN THE COLLECTION OF THE CENTRAL SIBERIAN BOTANICAL GARDEN SB RAS

A. B. Gorbunov, E. V. Titov

Central Siberian Botanical Garden of the Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences (CSBG SB RAS), Novosibirsk, Russia, alex_gorbunov22@mail.ru, titov812009@yandex.ru

В ЦСБС СО РАН создана единственная в Сибири коллекция брусничных (Vaccinioideae Arn.), представленная 3 видами, 20 сортами клюквы крупноплодной, 3 сортами клюквы болотной, 3 видами и 21 сортом высокорослой, 4 сортами полувисокорослой, 8 сортами низкорослой и 10 сортами голубики топяной, по 1 виду брусники и черники, 1 разновидностью голубики, 6 формами клюквы болотной и 67 формами голубики топяной.

Наибольший интерес для интродукции и селекции представляют сорта клюквы крупноплодной – Bergman, Ben Lear, Pilgrim, сорт клюквы болотной Virussaare, сорт голубики полувисокорослой Тайми, сорта голубики топяной Голубая россыпь, Таежная красавица, Иксинская, Юрковская и Шегарская.

В Госреестр РФ внесены 8 сортов голубики топяной селекции ЦСБС – Голубая россыпь, Таежная красавица, Иксинская, Юрковская, Шегарская, Дивная, Нектарная, Изящная.

Созданы межсортные гибриды клюквы крупноплодной и межвидовые гибриды голубики, которые проходят сортоиспытание.

Разработаны технология выращивания и методы вегетативного, в том числе микроклонального, размножения клюквы, голубики и брусники.



Сорт голубики полувисокорослой Тайми селекции ЦСБС

ОПРЕДЕЛЕНИЕ СОРТОВОГО СОСТАВА РАСТЕНИЙ ИЗ КОЛЛЕКЦИИ ВИР, ПРИГОДНОГО ДЛЯ ВЫРАЩИВАНИЯ В УСЛОВИЯХ ПРИШКОЛЬНОГО УЧАСТКА СРЕДНЕЙ ШКОЛЫ № 193 САНКТ-ПЕТЕРБУРГА

В. С. Данильцев

Средняя общеобразовательная школа № 193 Центрального района Санкт-Петербурга,
Санкт-Петербург, Россия, ekudinova55@gmail.com

IDENTIFICATION OF THE VARIETAL COMPOSITION OF PLANTS FROM THE VIR COLLECTION SUITABLE FOR CULTIVATION UNDER THE SCHOOL SITE CONDITIONS AT SECONDARY SCHOOL No. 193 OF ST. PETERSBURG

V. S. Daniltsev

Secondary Education School No. 193 of the Central District of St. Petersburg, St. Petersburg,
Russia, ekudinova55@gmail.com

Актуальность исследовательского проекта: пришкольный участок школы находится во дворе, в котором произрастают деревья, создающие тень. Данные условия являются негативным фактором для возделывания культурных растений в учебных целях.

Цель исследовательского проекта: определение сортов культурных растений, подходящих для школьного «Вавиловского огорода».

Задачи исследовательского проекта:

1. Ознакомиться с сортовым составом из коллекции семян ВИР.
2. Изучить агроклиматические условия школьного участка.
3. Организовать фенологическое наблюдения за культурными растениями.
4. Проанализировать результаты наблюдений за три года.

Гипотеза: 50% растений будут пригодны для произрастания на пришкольном участке.

Объект исследования: культурные растения.

Предмет исследования: культурные растения, выращенные в условиях тени в течение трех лет.

Проблема: сложные условия пришкольного участка и недостаточное количество знаний о сортовом составе школьного Вавиловского огорода не дают полного понимания о возможностях произрастания культурных растений на выбранном участке.

Продукт: сравнительные таблицы, схемы огорода, дневники наблюдений.

Описание агроклиматических условий. Санкт-Петербург и его окрестности относятся к атлантико-континентальной области умеренного пояса. Лето относительно короткое, прохладное и влажное, с температурой в среднем от +17,8 °С. Зимы долгие, умеренно холодные, со средней температурой от -7,7 °С, с частыми оттепелями. В Санкт-Петербурге бывает в среднем 75 солнечных дней. Среднегодовая сумма осадков – около 662 мм. Коэффициент увлажнения (отношение количества осадков к испаряемости) равен 1,9 (избыточное). Преобладает умеренный агроклиматический пояс, холодно-умеренный подпояс. Сумма температур выше 10 °С составляет 1800–1900 °С. Участок находится во дворе школы, он окружен зданиями по всему своему периметру, а также на территории школы произрастают деревья, в связи с этим солнечным лучам сложнее проникать к участку. Почва подзолистая. Основные характеристики подзолистых почв включают низкое содержание питательных веществ, хорошую водопроницаемость и некоторые ограничения для сельскохозяйственного использования. Есть следы антропогенного воздействия. В целом агроклиматические условия не являются идеальными для выращивания растений, особенно для культур, которым требуется много тепла и солнца.

Описание коллекции семян. На участке были высажены представители таких семейств как: Льновые (Linaceae), Бобовые (Fabaceae, или Leguminosae), Зонтичные

(Apiaceae, или Umbelliferae), Капустные (Brassicaceae, или Cruciferae), Пасленовые (Solanaceae), Астровые (Asteraceae, или Compositae), Амарантовые (Amaranthaceae), Тыквенные (Cucurbitaceae), Злаковые (Gramineae, или Poaceae).

Среди представленных сортов растений есть группа, которой не соответствуют агроклиматический условия, но они были высажены. Параметры, которые использовались при характеристике этапов роста растений: появление проростков, вегетация, цветение, плодоношение. Велся дневник наблюдений. На основе наблюдений за три года были составлены схемы и сформулированы выводы:

1. За три года наблюдений большую роль на появление проростков играли погодные условия во второй половине мая и в июне: в 2022 году не проросли только 2 % посаженных растений, в 2023 году – 17 %, а 2024 году – 47 %, что связано с похолоданием в мае и июне.

2. Вегетация наблюдалась у 89 % в 2022 году, 82 % в 2023 году и 58 % в 2024 году.

3. Цветение наблюдалось у 19 % растений в 2022 году, у 9 % в 2023 году, 35 % в 2024.

4. Плодоношение наблюдалось у 22 % растений в 2022 году, 35 % в 2023 году и 18 % в 2024 году.

5. За все три года наблюдений наиболее выносливыми оказались следующие сорта растений: фасоль ‘Успех’ (*Phaseolus vulgaris* L.), фасоль ‘Ребус’ (*P. vulgaris*), горох ‘Торпедо зерновой’ (*Pisum sativum* L.), горох ‘Окский кормовой’ (*P. sativum*), горох ‘Банджо’ (*P. sativum*), лен-долгунец (*Linum usitatissimum* L.). Данные растения достигли стадии плодоношения.

6. Стадии цветения достигали растения рыжик (*Camelina sativa*), сурепица (*Camelina sativa*), разные сорта бобов, тыквы и огурцов.

7. Злаки не достигали стадии колошения.

8. За все годы наблюдения не взошли морковь ‘Королева’ (*Daucus carota*) и лен масличный (*Linum usitatissimum*).

Таким образом, в условиях школьного участка для систематического выращивания с получением урожая (до плодоношения) пригодно ограниченное количество культурных растений – менее 50 %. Тень оказывает существенное влияние на скорость роста растений. Сравнение этапов роста на школьном участке и на полях НПБ «Пушкинские и Павловские лаборатории ВИР» привело к выводам о существенной задержке цветения и плодоношения растений (примерно на 1 месяц), а также низкой скорости роста побегов.

БИОХИМИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ ПЛОДОВ ГИБРИДОВ F₁ ТОМАТА С КОМПЛЕКСОМ АЛЛЕЛЕЙ, ОПРЕДЕЛЯЮЩИХ ВЫСОКОЕ НАКОПЛЕНИЕ КАРОТИНОИДОВ И АНТОЦИАНОВ

Е. В. Дрозд, О. Г. Бабак, Н. А. Некрашевич, Н. В. Анисимова, К. К. Яцевич,
А. В. Кильчевский

Институт генетики и цитологии Национальной академии наук Беларуси, Минск, Беларусь,
drozd.liza@bk.ru

BIOCHEMICAL ANALYSIS OF FRUITS OF F₁ TOMATO HYBRIDS WITH A SET OF ALLELES DETERMINING HIGH ACCUMULATION OF CAROTENOIDS AND ANTHOCYANINS

E. V. Drozd, O. G. Babak, N. A. Nekrashevich, N. V. Anisimova, K. K. Yatsevich,
A. V. Kilchevsky

Institute of Genetics and Cytology of the National Academy of Sciences of Belarus, Minsk,
Belarus, drozd.liza@bk.ru

Современные селекционные программы направлены на создание овощных культур с высокими антиоксидантными свойствами. Данными свойствами обладают такие вторичные метаболиты как каротиноиды и антоцианы, накапливающиеся в вегетативных органах и плодах томата. В ходе испытаний полученных гибридов исследовались фенотипические, биометрические признаки, признаки урожайности, а также биохимический состав плодов (общее количество каротинов, антоцианов, а также состав индивидуальных антоцианов).

Для повышения эффективности селекционного процесса необходимо знать характер наследования основных хозяйственно ценных признаков. Количество каротинов и антоцианов является одним из важных признаков у томата, в связи с чем, целью нашей работы было определение типа наследования данных признаков. Для чего были использованы 38 гибридов F₁ томата и их родительские формы, характеризующиеся различным сочетанием аллелей генов, определяющих накопление каротиноидов: *CRTISO* (*tangerine*, *t*), *CYCB* (*old gold crimson*, *og^c*; *beta*, *b*; *Beta*, *B*), *DET1* (*high pigment*, *hp-2^{dg}*), *GLK2* (*U*, *u*, *U-del52*), и антоцианов: *SlMyb12* (*Yellow*, *Y/y*), *R2R3Myb* (*Anthocyanin1*, *Ant1*; *Anthocyanin2*, *An2*), *R3Myb* (*Atriviolacium*, *atv*).

В исследованиях использованы методы фенотипического, молекулярного и биохимического анализа. Исходя из полученных значений признаков «общее накопление антоцианов (ОНА)» и «общее накопление каротинов (ОНК)» рассчитаны значения следующих параметров: степени доминирования (*H_p*), значения истинного гетерозиса (процент превосходство гибрида по признаку над лучшим из родителей) и гипотетического гетерозиса (процент превосходство гибрида над средним значением признака, характерным для обоих родителей). На рисунке представлены процентные соотношения проявления оцениваемых параметров изучаемых признаков у гибридов F₁.

Биохимический анализ индивидуальных антоцианов методом ВЭЖХ показал, что у всех испытанных гибридов и их родительских форм преобладали три антоциана в различном сочетании: дельфинидин рутинозид глюкозид, петунидин рутинозид глюкозид, мальвидин рутинозид глюкозид. Колебания значений признака «общее накопление антоцианов» было в пределах от 84,44 мг/100 г свежей кожуры у ИГЦ1 (*t/t//b/b//Y/y//Ant1/ant1//Myb75/An2-Aft//U/U-del52//Atv/atv*) до 2217,70 мг/100 г свежей кожуры у ИГЦ6 (*b/b//Y/y//Ant1/Ant1//An2-Aft/An2-Aft//U-del52/U-del52//atv/atv*). Колебания значений признака «общее накопление каротинов» было в пределах от 1,07 мг/100 г сырой массы у ИГЦ4 (*t/t//b/b//y/y//Ant1/ant1//Myb75/An2-Aft//U/U-del52//Atv/atv*) до 12,06 мг/100 г сырой массы у ИГЦ19 (*b/b//y/y//Ant1/ant1//Myb75/An2-Aft//u/U-del52//nor^{wt}/nor^{wt}//Atv/atv*).

Признак	Степень доминирования		
	Положительный гетерозис (сверхдоминирование) ($H_p > 1,0$)	Промежуточное наследование (неполное доминирование) ($1,0 \geq H_p \leq -1,0$)	Отрицательный гетерозис (депрессия) ($H_p < -1,0$)
ОНА	13,2 %	47,4 %	39,4 %
ОНК	21,1 %	50,0 %	28,9 %

Признак	Процент гибридов с положительным гетерозисом	
	Истинный гетерозис	Гипотетический гетерозис
ОНА	13,2 %	23,7 %
ОНК	20,1 %	39,5 %

Рисунок. Степень доминирования и процент положительного гетерозиса признаков накопления каротинов и антоцианов у полученных гибридов F₁ томата

В процессе анализа гибридов F₁ по признаку «общее накопление антоцианов» методом спектрофотометрии из 38 комбинаций скрещивания гипотетический гетерозис признака «общее накопление антоцианов» характерен для 9 гибридов F₁ (23,7 %) и варьирует от 0,21 % у гибрида ИГЦ4 до 116,45 % у гибрида ИГЦ1(2). Истинный гетерозис признака «общее накопление антоцианов» характерен для 5 из 38 гибридов F₁ (13,2 %) и варьирует от 18,19 % у гибрида ИГЦ13 (*b/b//Y/y//ant1/ant1//Myb75/Myb75//U/U//Atv/atv*) до 398,84 % у гибрида ИГЦ1(2) (*t/t//b/b//Y/y//Ant1/ant1//Myb75/An2-Aft//U-del52/U//Atv/Atv*). Наибольшее значение степени доминирования ($H_p = 34,70$) выявлено в комбинации ИГЦ1(2) (*t/t//b/b//Y/y//Ant1/ant1//Myb75/An2-Aft//U-del52/U//Atv/Atv*), истинный гетерозис составил 398,84 %, гипотетический – 116,45 %. Неполное доминирование установлено у 18 комбинаций скрещивания. Отрицательный гетерозис характерен для 15 гибридов.

В процессе анализа гибридов первого поколения по признаку «общее накопление каротинов» методом спектрофотометрии из 38 комбинаций скрещивания гипотетический гетерозис признака «общее накопление каротина» характерен для 15 гибридов F₁ (39,5 %) и варьирует от 0,53 % у гибрида ЗБ до 60,90 % у гибрида ИГЦ19. Истинный гетерозис признака «общее накопление каротина» характерен для 8 из 38 гибридов F₁ (21,1 %) и варьирует от 10,36 % у гибрида ИГЦ14 (*b/Og^c//Y/Y//DDB1/hp2^{dg}//Ant1/ant1//Myb75/An2-Aft//U/U//Atv/atv*) до 155,51 % у гибрида ИГЦ19 (*b/b//y/y//Ant1/ant1//Myb75/An2-Aft//u/U-del52//nor^{wt}/nor^{wt}//Atv/atv*). Наибольшее значение степени доминирования ($H_p = 8,25$) выявлено в комбинации ИГЦ14 (*b/Og^c//Y/Y//DDB1/hp2^{dg}//Ant1/ant1//Myb75/An2-Aft//U/U//Atv/atv*), истинный гетерозис составил 10,36 %, гипотетический – 2,99 %. Неполное доминирование установлено у 19 комбинации скрещиваний. Отрицательный гетерозис характерен для 11 гибридов.

В результате изучения наследования признаков «общее накопление антоцианов» и «общее накопление каротинов» у полученных гибридов F₁ томатов наблюдались различные типы наследования данных признаков с проявлением депрессии, неполного доминирования признака, а также сверхдоминирования. Было установлено, что у большинства гибридных комбинаций происходит наследование данных признаков по типу неполного доминирования (47,4 % для признака «накопление антоцианов» и 50,0 % для признака «накопление каротинов»), и доминирования в сторону уменьшения признака (39,4 % для признака «накопление антоцианов» и 28,9 % для признака «накопление каротинов»).

**КАРТИРОВАНИЕ ЛОКУСОВ КОЛИЧЕСТВЕННЫХ ПРИЗНАКОВ (QTL),
ОПРЕДЕЛЯЮЩИХ СОДЕРЖАНИЕ КАРОТИНОИДОВ В ЛИНИЯХ
КАРТИРУЮЩИХ ПОПУЛЯЦИЙ УДВОЕННЫХ ГАПЛОИДОВ *BRASSICA RAPA* L.**

К. В. Егорова, Н. Г. Синявина, Н. В. Кочерина, Ю. В. Чесноков
Агрофизический научно-исследовательский институт (АФИ),
Санкт-Петербург, Россия, kseniia.v.egorova@gmail.com

**MAPPING OF QUANTITATIVE TRAIT LOCI (QTL) DETERMINING THE CONTENT
OF CAROTENOIDS IN THE MAPPING POPULATION LINES OF DOUBLE
HAPLOID *BRASSICA RAPA* L.**

K. V. Egorova, N. G. Sinyavina, N. V. Kocherina, Yu. V. Chesnokov
Agrophysical Research Institute (AFI), St. Petersburg, Russia, kseniia.v.egorova@gmail.com

Вид *Brassica rapa* L. (репа) уникален и представлен исключительным разнообразием морфотипов. В состав этого вида входят ценные овощные, масличные и кормовые культуры. Все они являются источником ценных питательных и биологически активных веществ.

Цель данной работы – выявление локусов количественных признаков (Quantitative Trait Loci, QTL), определяющих содержание растительных пигментов каротиноидов в линиях картирующих популяций удвоенных гаплоидов *B. rapa*.

В качестве материала для проведения исследований использованы 2 картирующие популяции гомозиготных линий удвоенных гаплоидов: популяция DH 30 (Корнеплодная репа, VT-115, сорт Kaigyou Nakata) × Масличный желтый сарсон, YS-143) и популяция DH 38 (Листовая/черешковая китайская капуста, пак-чой, PC-175, сорт Nai Bai Cai × Масличный желтый сарсон, YS-143). Родительские формы относятся к разным ботаническим подвидам, значительно различаются генетически и фенотипически. Для исследования использовали 68 линий (23 линии DH 30 и 45 линий DH 38), адаптированных к условиям светокультуры. Особенностью исследования является картирование локусов количественных признаков *B. rapa* в контролируемых условиях регулируемой агроэкосистемы (РАЭС). Контролируемые условия РАЭС позволяют выявить реакцию генотипа на действие факторов внешней среды и оценить их влияние на проявление изучаемых признаков. Картирующие популяции *B. rapa* выращивали на биополигоне ФГБНУ АФИ с моделированием короткого и длинного фотопериода – при 12-часовом и 16-часовом освещении. Опыты проводили с использованием оригинальной вегетационной светоустановки. Семена, предварительно пророщенные на фильтровальной бумаге, высаживали в горшки для рассады, заполненные субстратом «Агрофит» на основе верхового торфа с добавлением кембрийской глины и мела; pH субстрата 6,0–6,2. В качестве источника света использовали натриевые лампы высокого давления ДНаЗ-400. Освещенность растений составляла 15–20 клк. Растения поливали ежедневно: 2 раза в неделю (в начале и конце недели) раствором Кнопа, в остальные дни водой. Температуру поддерживали на уровне 21 ± 3 °С. Повторность опыта трехкратная, по пять растений в повторности для каждой линии.

Биохимические анализы проводились в лаборатории биохимии почвенно-растительных систем ФГБНУ АФИ. Для биохимических анализов были использованы листья среднего яруса, отобранные на стадии начала перехода растений к цветению. Количественное спектрофотометрическое определение каротиноидов проводили экстракцией ацетоном с последующим измерением оптической плотности полученных экстрактов при длине волны 440,5 нм.

Каротиноиды – фотосинтетические пигменты растений, обеспечивающие поглощение квантов света и фотосенсибилизацию у растений. Пигменты интегрированы

в мембраны хлоропластов и связаны с белками, их количественное содержание и соотношение в листе отражает адаптационные особенности фотосинтетического аппарата. Свет является основным фактором, регулирующим содержание пигмента. Изменения температуры и влажности также могут вызывать сдвиги в пигментном составе листьев растений. Выявлено увеличение содержания каротиноидов для обеих исследованных популяций при коротком 12-часовом световом дне. У растений популяции DH 30 содержание каротиноидов варьировало от 12,88 до 50,36 мг/100 г; для популяции DH 38 – 9,73–39,97 мг/100 г. Увеличение содержания фотосинтетических пигментов в условиях 12-часового фотопериода составило 25–44 % для популяции DH 30 и 24–37 % – для популяции DH 38. Более высокое содержание каротиноидов при коротком световом дне может косвенно свидетельствовать о более высокой активности фотосинтетической системы. Полученные данные о содержании каротиноидов в DH-линиях использовались для дальнейшего QTL картирования. Установление наличия QTL и их расположения в группах сцепления (интервал картирования 5 сМ) и степени изменчивости признаков (% Expl.) для каждого признака и популяции были выполнены с использованием ПО MAPQTL 6.0. Значимость каждого LOD устанавливали тестом пермутаций (1000 повторений). Оценка LOD достаточно консервативна. При выборе очень высокой частной ошибки I рода ($p = 0,05$) высокий уровень сцепления будет надежно найден случайным образом. Таким образом, можно рассматривать QTL с небольшим пороговым значением LOD ($< 3,0$) как достоверно сцепленные с изучаемыми признаками. Результатом анализа QTL стала идентификация локусов, контролирующих содержание каротиноидов в популяциях DH-линий *B. rapa*, выращенных в условиях светокультуры (таблица).

Таблица. Картирование QTL, определяющих содержание каротиноидов в картирующих популяциях удвоенных гаплоидов *Brassica rapa* L.

Группа сцепления	Положение на группе сцепления (сМ)	LOD ($p = 0,05$)	% Expl.	DH 30		DH 38	
				12 ч	16 ч	12 ч	16 ч
R02	10,26	2,92	52,6				X
	44,68	1,04	13,9	X			
R03	102,83	1,07	23,9				X
	111,89	1,40	27,6			X	
R04	3,00	2,23	40,1			X	
R06	31,31	1,03	21,1			X	
	96,59	1,91	30,6		X		
R07	74,49	2,82	51,4				X
	82,92	1,52	32,1			X	
R08	62,52	1,41	23,6		X		
R10	25,46	1,07	24,0			X	
	25,56	2,28	27,9	X			
	28,24	1,07	24,0				X

Результаты вносят вклад в изучение влияния факторов окружающей среды на реализацию биохимических признаков у капустных и могут быть использованы в генетико-селекционной работе по получению генотипов, линий и сортов с ценным биохимическим составом.

Выражаем благодарность за содействие в проведении биохимических анализов коллективу лаборатории 121 «Биохимии почвенно-растительных систем» ФГБНУ АФИ.

ДИНАМИКА СОДЕРЖАНИЯ БЕТАЦИАНИНОВ В КОРНЕПЛОДАХ СТОЛОВОЙ СВЕКЛЫ В ПЕРИОД ХРАНЕНИЯ

А. М. Зарецкий, А. Е. Соловьева, Д. В. Соколова

Федеральный исследовательский центр Всероссийский институт генетических ресурсов растений имени Н.И. Вавилова (ВИР), Санкт-Петербург, Россия, a.zaretskii@vir.nw.ru

DYNAMICS OF BETACYANIN CONTENT IN TABLE BEET ROOTS DURING STORAGE

A. M. Zaretsky, A. E. Solovyeva, D. V. Sokolova

N.I. Vavilov All-Russian Institute of Plant Genetic Resources (VIR), St. Petersburg, Russia, a.zaretskii@vir.nw.ru

На сегодняшний день при производстве пищевых продуктов широко используются различные добавки функционального назначения. Одними из таких добавок являются красители. В производстве натурального пищевого красителя «свекольный красный» (Е-162) используется широко распространенная культура – столовая свекла, содержащая большое количество красящего пигмента – бетанина и характеризующаяся высокой урожайностью и длительным периодом хранения корнеплодов. Актуальность исследования продиктована недостатком знаний о динамике содержания пигментов в период длительного хранения.

В работе приведены результаты изучения 52 бордово окрашенных образцов коллекции столовой свеклы Всероссийского института генетических ресурсов растений имени Н.И. Вавилова (ВИР). Опытные образцы были выращены в овощном севообороте на территории научно-производственной базы «Пушкинские и Павловские лаборатории ВИР» (г. Пушкин, Ленинградская обл.) в 2023 году. Хранение осуществляли при постоянной температуре в хранилище при +2 °С. Биохимический анализ выполнялся в лаборатории биохимии и молекулярной биологии ВИР однократно в месяц на протяжении периода хранения (октябрь – апрель). Содержание сухого вещества определялось гравиметрическим методом. Пигменты были выделены с помощью 2-процентной муравьиной кислоты. Абсорбцию измеряли на спектрофотометре UNICO 2800 при различных длинах волн: 542 нм для бетацианинов, 480 нм – для бетаксантинов и 430 нм – для беталамовой кислоты.

Результаты приведены по ранжированным группам, выделенным на основании среднего содержания бетацианинов за весь период хранения. Наибольшее содержание пигмента в 1 группе в среднем составило 739 мг/100 г, наименьшее – в четвертой 301 мг/100 г. Средние значения в группах существенно различались ($p < 0,05$). Выявлена общая для всех образцов тенденция: после закладки на хранение уровень бетацианинов к октябрю возрастал в среднем на 31,8 % (23,9÷42,7 %), что, предположительно, связано с антистрессовой функцией пигмента, спровоцированной уборкой, транспортировкой и закладкой в хранилище, где температура значительно ниже. В докладе обсуждается динамика выявленной деградации пигмента в период хранения корнеплодов, потери которого составили около 28 % от первоначального значения.

ЭКСПРЕСС-МЕТОД РАСПРЕДЕЛЕНИЯ ОБРАЗЦОВ ДОННИКА (*MELILOTUS MILL.*) ПО СТЕПЕНИ СОДЕРЖАНИЯ КУМАРИНОВ

И. Г. Захарчевный, Л. Л. Малышев, В. С. Попов

Федеральный исследовательский центр Всероссийский институт генетических ресурсов растений имени Н.И. Вавилова (ВИР), Санкт-Петербург, Россия, ivan.saint-petersburg@yandex.ru

A RAPID METHOD FOR DISTRIBUTING SWEET CLOVER (*MELILOTUS MILL.*) ACCESSIONS ACCORDING TO COUMARIN CONTENT LEVELS

I. G. Zakharchevny, L. L. Malyshev, V. S. Popov

N.I. Vavilov All-Russian Institute of Plant Genetic Resources (VIR), St. Petersburg, Russia, ivan.saint-petersburg@yandex.ru

Донник – это однолетнее или двулетнее травянистое растение из семейства бобовых. Он используется как кормовая, лекарственная и медоносная культура, а также может быть неплохим сидератом. Донник является хорошим предшественником для многих сельскохозяйственных культур. Однако поедаемость животными донника ухудшают содержащиеся в нем кумарины, придающие горький вкус корму.

Перед селекционерами стоит задача создания форм донника с пониженным содержанием кумарина. Для быстрого распределения образцов по степени содержания кумарина нами был предложен метод экспресс-анализа. За основу метода был взят способ определения содержания кумарина, предложенный в методических рекомендациях «Создание бескумариновых форм донника». Способ заключается в следующем: на листе фильтровальной бумаги размером 30×20 см расчерчиваются квадраты по 1 см^2 (количество квадратов соответствует количеству изучаемых образцов). На каждый квадрат кладут по 1-2 листочка образца донника и растирают их тупым концом карандаша. Рядом с пятном ставят соответствующий номер образца. После заполнения всех квадратов лист бумаги помещают в коробку (для предотвращения попадания света) и в таком состоянии образцы могут храниться небольшое время. В лабораторных условиях к каждому пятну добавляется 1-2 капли 2,5 н. раствора NaOH и лист бумаги облучают ультрафиолетом в течение 5 минут. Пятна растений, содержащих кумарин, будут иметь светло-зеленую флюоресценцию (рисунок). Мы дополнили этот способ: после облучения листа ультрафиолетом мы его фотографировали и измеряли относительную яркость свечения каждого образца с помощью графического редактора CorelDRAW. Сначала мы получали код цвета в 16-ричном формате и затем вычисляли его относительную яркость.

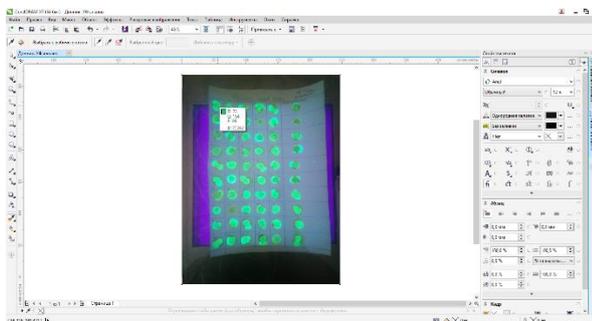


Рисунок. Скриншот окна программы CorelDRAW с изучаемыми образцами донника

При помощи такого метода можно одновременно оценить содержание кумарина в большом количестве образцов сведя к минимуму субъективность оценки изучающего.

ИНДУКЦИЯ КАЛЛУСОГЕНЕЗА ПРЕДСТАВИТЕЛЕЙ РОДА *PAEONIA* L. ИЗ КОЛЛЕКЦИИ ВИР

А. А. Иванов, М. В. Васильева, Р. С. Рахмангулов

Федеральный исследовательский центр Всероссийский институт генетических ресурсов растений имени Н.И. Вавилова (ВИР), Санкт-Петербург, Россия,
a.ivanov@vir.nw.ru

INDUCTION OF CALLUSOGENESIS IN REPRESENTATIVES OF THE GENUS *PAEONIA* L. FROM THE VIR COLLECTION

A. A. Ivanov, M. V. Vasilyeva, R. S. Rakhmangulov

N.I. Vavilov All-Russian Institute of Plant Genetic Resources (VIR), St. Petersburg,
Russia, a.ivanov@vir.nw.ru

Коллекция пионов в ВИР была заложена в середине 30-х годов XX века. На данный момент коллекция включает в себя 176 образцов, большая часть которых является представителями американской, французской и отечественной селекции. Обладая таким широким разнообразием генетических ресурсов, коллекция является ценным источником хозяйственно ценных признаков. Для ускорения процесса селекции растений, в том числе и декоративных культур используют современные молекулярно-генетические и биотехнологические методы, позволяющие преодолевать ряд ограничений, которые затруднительно обойти при использовании традиционных методов. Разработка протоколов индукции каллусогенеза и его стабильного роста с последующим образованием растений-регенерантов является одним из ключевых этапов в работе по редактированию генома растений.

Целью данного исследования был подбор оптимальных питательных сред для индукции каллусогенеза и дальнейшей регенерации растений травянистых пионов из каллусной культуры. Для оценки индукции каллусогенеза в культуру *in vitro* было введено 10 образцов травянистых пионов из коллекции ВИР, выборка которых была основана на контрастности сортов по окраске и типу цветка. В выборку попали следующие сорта травянистого пиона: 'Duchesse de Nemours', 'Suzanne Desser', 'Red Dandy', 'Карнавал', 'Аркадий Гайдар', 'Venus', 'Victor Hugo', 'Белый Папус', 'Louis Van Houtte', 'Marechal Vaillant'.

Для введения эксплантов были приготовлены питательные среды, содержащие фитогормоны (цитокинины, ауксины) в различных концентрациях, следующих вариантов: № 1 – МС (Мурасиге – Скуга) + 0,5 мг/л 6-БАП (6-бензиламинопурин) + 2 мг/л 2,4 D (2,4 дихлорфеноксиуксусная кислота) + 2,5 г/л ПВП (поливинилпирролидон); № 2 – МС + 0,75 мг/л 6-БАП + 1 мг/л 2,4 D + 0,15 мг/л НУК (нафталинуксусная кислота) + 1 г/л ПВП; № 3 – МС + 3 мг/л 6-БАП + 3 мг/л 2,4 D + 0,6 мг/л НУК + 1 г/л ПВП; № 4 – МС + 1 мг/л 6-БАП + 1 мг/л 2,4 D + 1 мг/л НУК + 1 г/л ПВП; № 5 – 1,5 мг/л 6-БАП + 0,5 мг/л НУК + 0,5 мг/л ИУК (индолилуксусная кислота). В качестве эксплантов в исследовании использовались части стебля и листовые сегменты. Таким образом, на 30 сутки культивирования эффективность введения для частей стебля составила 69 %, для листовых сегментов – 20 %. Каллусогенез не наблюдался. На 60 сутки отмечена низкая индукция образования каллуса у частей стебля, тогда как у листовых сегментов каллусогенез отсутствовал. Наибольший прирост каллуса составил у сорта 'Карнавал' (0,3 см). На 90 сутки прирост каллуса наблюдался у сортов 'Карнавал', 'Louis van Houtte' и 'Marechal Vaillant', размер каллуса составил 0,5 см (рисунок) на питательной среде № 3 МС + 3 мг/л 6-БАП + 3 мг/л 2,4 D + 0,6 мг/л НУК + 1 г/л ПВП.

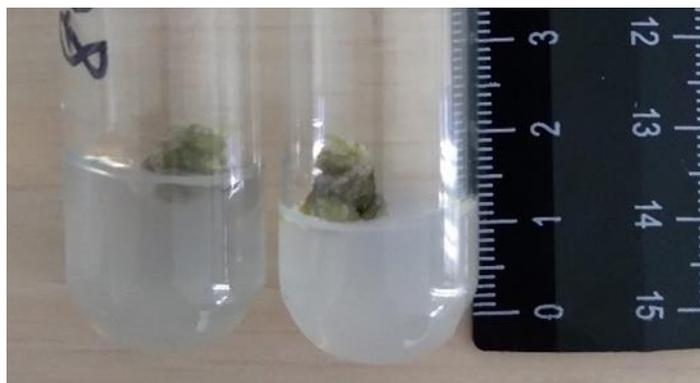


Рисунок. Индукция каллуса у сорта 'Карнавал'

Наилучшую эффективность индукции каллусогенеза, показал сорт 'Карнавал', где процент образования первичного каллуса составил 50 %. Дальнейшая работа будет заключаться в продолжении подбора питательных сред для стабильного роста каллусной ткани и последующего получения растений-регенерантов.

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

АНАЛИЗ И ПАСПОРТИЗАЦИЯ ПО СПЕКТРАМ ГЛИАДИНА ЕСТЕСТВЕННЫХ ПЛОДОВИТЫХ СПОНТАННЫХ ЭГИЛОПСО-ПШЕНИЧНЫХ ГИБРИДОВ. ОПРЕДЕЛЕНИЕ АКТИВНОСТИ АЛЬФА- И БЕТА-АМИЛАЗ

Ю. В. Иванова¹, Н. М. Мартыненко¹, Ю. В. Хомяков², Н. Н. Чикида¹

¹ Федеральный исследовательский центр Всероссийский институт генетических ресурсов растений имени Н.И. Вавилова (ВИР), Санкт-Петербург, Россия, ivanovvaa98@gmail.com

² Агрофизический научно-исследовательский институт (АФИ), Санкт-Петербург, Россия

ANALYSIS AND CERTIFICATION OF NATURAL FERTILE SPONTANEOUS HYBRIDS BETWEEN *AEGILOPS* AND WHEAT ACCORDING TO GLIADIN PATTERNS. DETERMINATION OF THE ACTIVITY OF ALPHA- AND BETA- AMYLASES

Yu. V. Ivanova¹, N. M. Martynenko¹, Yu. V. Khomyakov², N. N. Chikida¹

¹ N.I. Vavilov All-Russian Institute of Plant Genetic Resources (VIR), St. Petersburg, Russia, ivanovvaa98@gmail.com

² Agrophysical Research Institute (AFI), St. Petersburg, Russia

Изучение генетического разнообразия диких и культурных злаков, в частности пшеницы и ее сородичей, основанное на использовании биологической специфичности белков и нуклеиновых кислот, позволяет дифференцировать и идентифицировать биотипы, линии, сорта; выявлять филогенетическое родство между видами и разновидностями; определять генетические процессы, протекающие в популяциях в естественных и искусственных условиях, при репродукции образцов в генных банках, а также в селекции и семеноводстве. В качестве молекулярно-генетических маркеров генотипов злаков хорошо зарекомендовали себя электрофоретические спектры глиадина – множественного, генетически полиморфного запасного белка эндосперма зерновки.

Цель нашего исследования – изучение скрининга 20 естественных плодовых спонтанных эгилопсо-пшеничных гибридов (СГ) 8 образцов вида *Aegilops biuncialis*, 4 образца вида *Ae. trivialis*, 4 образца вида *Ae. kotschyi*, 2 образца вида *Ae. triuncialis*, 2 образца вида *Ae. ovata* и их материнских форм 5 разногеномных видов рода *Aegilops* L.: *Ae. trivialis* (2n-42, DDM), *Ae. biuncialis* (2n-28, UM), *Ae. triuncialis* (2n-28, UC), *Ae. kotschyi* (2n-28, US), *Ae. ovata* (2n-28, UM) по электрофоретическим спектрам глиадина (белковым маркерам); изучение их биотипного состава и характера генетического полиморфизма, создание паспортной базы данных каждого изученного образца по белковым спектрам. Методом электрофореза по спектрам глиадина впервые исследованы новые эгилопсо-пшеничные гибриды. Для всех изученных образцов установлена уникальность спектров глиадина, а также выявлены полностью идентичные спектры, что позволяет идентифицировать их по специфичным для них маркерным компонентам (рис. 1). Результаты настоящей работы свидетельствуют о перспективности использования электрофореза глиадина для выявления, идентификации и регистрации новых полученных СГ из коллекции ВИР.

Крахмал является запасным веществом, определяющим питательную ценность зерна пшеницы. Он накапливается в мучнистой части эндосперма и представлен индивидуальными крахмальными зернами диаметром от 5 до 50 мкм. Крахмал служит энергетическим материалом для прорастания семян и всходов растений, а также источником энергии для человека (при употреблении в пищу продуктов переработки зерна) и животных (при использовании зернофуражных культур в качестве корма). По химической природе крахмал – полисахарид, полимерные цепи которого представлены растворимой в воде линейной амилозой (до 20 %) и нерастворимым разветвленным амилопектином (до 80 %).

Ферментативный гидролиз крахмала осуществляется группой амилалитических ферментов, к которой относятся α - и β -амилазы, глюкоамилаза, изоамилаза и другие.

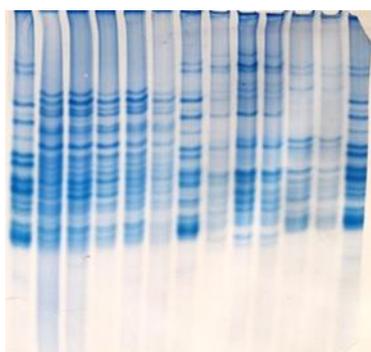
Фермент α -амилаза, или α -1,4-глюкоангидролаза, гидролизует α -1,4-глюкановые связи крахмала до образования низкомолекулярных декстринов и частично мальтозы. α -амилаза при воздействии на крахмальное зерно разрушает его поверхность: вначале образуются трещины и углубления, а затем зерно разделяется на отдельные части.

Фермент β -амилаза, или α -1,4-глюканмальтогидролиза, гидролизует α -1,4-глюкановые связи крахмала, последовательно действуя на концы полимерных звеньев и отделяя остатки молекул мальтозы в виде β -мальтозы.

С технологической точки зрения альфа-амилазы, образуя декстрины, понижают качество хлебных изделий, а бета-амилазы увеличивают содержание сахаров, тем самым усиливая процесс спиртового брожения. Их количество сильно сказывается на хлебопекарных качествах муки.

Амилазы имеют очень большое значение в оценке качества зерна и муки: процесс накопления сахара во время брожения теста и сам процесс брожения зависят от скорости накопления в тесте мальтозы, что в свою очередь зависит от действия этого фермента. Амилазы имеют очень большое значение в спиртовой и пивоваренной промышленности, где применяется солод, представляющий собой проросшее и осторожно высушенное зерно, которое является источником активной амилазы.

Нами была проведена оценка активности альфа- и бета-амилаз у СГ и их материнских форм. Были выявлены образцы с высоким и низким содержанием данных ферментов (рис. 2) Полученные данные будут применены для оценки СГ как исходного материала селекции пшеницы для улучшения хлебопекарных свойств.



1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13

1 – St Кавказ, 2 – СГ к-4864 *Aegilops biuncialis*,
3 – СГ к-4873 *Ae. biuncialis*, 4 – СГ к-4867
Ae. biuncialis, 5 – СГ к-4876 *Ae. biuncialis*,
6 – СГ к-4868 *Ae. biuncialis*, 7 – St Кавказ,
8 – СГ к-4865 *Ae. biuncialis*, 9 – СГ к-4866
Ae. biuncialis, 10 – СГ к-4878 *Ae. biuncialis*,
11–12 – к-13822, 13 – St Кавказ

Рис.1. Электрофоретические спектры СГ



а



б

Рис. 2. Активность амилаз после цветной реакции с йодом (а – активность альфа-амилазы, б – активность общей (альфа- и бета-) амилазы)

ПОЛИМОРФИЗМ ПЛАСТИДНОГО ГЕНОМА МАЛИНЫ САХАЛИНСКОЙ НА ТЕРРИТОРИИ РУССКОГО АЛТАЯ

А. М. Камнев, О. Ю. Антонова, И. Г. Чухина

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

POLYMORPHISM OF THE *RUBUS SACHALINENSIS* CHLOROPLAST GENOME IN THE RUSSIAN ALTAI

A. M. Kamnev, O. Yu. Antonova, I. G. Chukhina

N.I. Vavilov All-Russian Institute of Plant Genetic Resources (VIR), St. Petersburg, Russia, antonkamen@mail.ru

Для развития селекционных программ культурных растений большое значение имеет изучение их диких родичей, поскольку они являются потенциальным источником хозяйственно важных генов, а также способны расширить довольно узкое генетическое разнообразие культивируемого генофонда. Это особенно актуально для малины обыкновенной (*Rubus idaeus* L.), исследования сортового генофонда которой показывают высокую степень его однородности (Dale, 1993). Одним из близкородственных видов для малины обыкновенной является малина сахалинская (*R. sachalinensis* Levl.), распространенная в Сибири и на Дальнем Востоке. Г. М. Синькова, исследуя различные популяции этого вида (Синькова, 1972), установила его неоднородность: так, она выделила два подвида, различающихся морфологически (высота растения, окраска шипов, окраска нижней стороны листа), а также по плоидности: диплоидный subsp. *sibiricus* (Kom.) Sinjk. и тетраплоидный subsp. *sachalinensis*. Впоследствии диплоидный подвид она повысила до ранга вида.

Поскольку малина сахалинская – широкоареальный вид с неоднозначной таксономической структурой, то изучение его генетического разнообразия представляет неподдельный интерес, особенно на границах ареалов и на пересечении с ареалами других видов. В этом отношении примечательна территория Алтайского края и Республики Алтай (объединяемая некоторыми исследователями в понятие Русский Алтай), где малина сахалинская сосуществует с малиной обыкновенной; кроме того, Синькова отмечала на данной территории местонахождения обоих подвидов малины сахалинской.

Изучение генетического разнообразия при помощи молекулярно-генетических маркеров может помочь в решении вопросов таксономии. Наилучшим образом для этого подходят маркеры, разработанные на основе пластидных последовательностей; одно из их преимуществ – возможность работы с гербарным материалом, где сохранность пластома выше, чем ядерного генома.

Цель: при помощи молекулярно-генетических маркеров изучить разнообразие пластидного генома на выборке образцов малины сахалинской, собранных на территории Алтайского края и Республики Алтай.

Материалом послужили 32 гербарных образца малины сахалинской, отобранных в Гербарии Южно-Сибирского Ботанического сада Алтайского государственного университета (АЛТВ) и 8 живых образцов малины сахалинской, собранных сотрудниками ВИР в 2021 в ходе экспедиции в сентябре 2021 года. Все образцы были собраны на территории Алтайского края и Республики Алтай. Выделение ДНК осуществляли из тканей листьев СТАВ-методом (Антонова и др., 2020), для гербарных образцов проводили предварительную обработку сорбитольным буфером (Inglis et al., 2018). Для разработки пластидных CAPS-маркеров были проанализированы спейсеры в полнопластомных последовательностях следующих видов: *R. sachalinensis* (NC_056965.1), *R. crataegifolius* Bunge (NC_039704.1) и *R. occidentalis* L. (NC_060646.1) (в скобках приведены номера

последовательностей в Генбанке NCBI). Были отобраны наиболее полиморфные участки хлоропластного генома, для них разработаны праймеры при помощи программы Primer3Plus. После этого был оптимизирован протокол ПЦР и проведен подбор рестриктаз, позволяющих выявлять полиморфные фрагменты, различающие *R. idaeus* и *R. sachalinensis*.

В ходе исследования 40 образцов малины сахалинской было отобрано шесть следующих полиморфных комбинаций: *trnC-petN*+TaqI, *trnK-rps16*+HinfI, *trnK-rps16*+TaqI, *rbcL-accD*+AluI, *rbcL-accD*+HinfI, *trnR-atpA*+VspI. На основе разработанных CAPS-маркеров удалось разбить эти образцы на три гаплотипа. При локализации выявленных гаплотипов *R. sachalinensis* на территории Русского Алтая было показано, что они имеют некоторую территориальную приуроченность (рисунок). Гаплотипы S2 и S3 распространены преимущественно в предгорной зоне в пограничье Алтайского края и Республики Алтай, причем гаплотип S2 распространен в основном в северной и центральной частях предгорной зоны, а гаплотип S3 – в южной части предгорной зоны, на юго-востоке Алтайского края, при этом он практически не заходит на территорию Республики Алтай. Гаплотип же S1 является доминирующим на территории Республики Алтай, особенно в ее горных зонах.

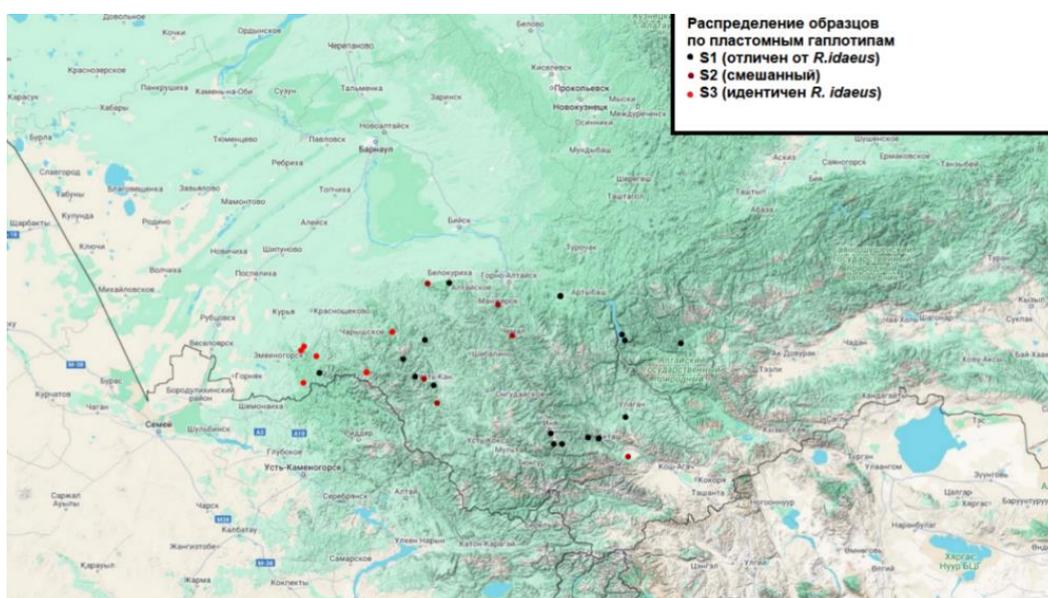


Рисунок. Распределение гаплотипов малины сахалинской на территории Алтайского края и Республики Алтай

Неоднородность популяции малины сахалинской, выделенная предыдущими исследователями на основе анализа морфологических признаков, подтвердилась и при анализе пластового полиморфизма. В дальнейшем планируется расширить набор молекулярных маркеров и привлечь цитологические методы для выявления корреляции между уровнем пloidности и типом пластовидного генома.

Работы выполнены в рамках Государственного задания FGEM-2022-0008.

ОЦЕНКА ПОРАЖЕННОСТИ ОЗИМЫХ ПШЕНИЧНО-ПЫРЕЙНЫХ ГИБРИДОВ ФИТОПАТОГЕНАМИ ГРИБНОЙ ПРИРОДЫ

В. Е. Квитко

Главный ботанический сад им. Н.В. Цицина Российской академии наук, Москва, Россия,
lera.kvitko@mail.ru

ASSESSMENT OF THE INFESTATION OF WINTER WHEAT-WHEATGRASS HYBRIDS WITH PHYTOPATHOGENS OF A FUNGAL NATURE

V. E. Kvitko

Tsitsin Main Botanical Garden of the Russian Academy of Sciences, Moscow, Russia,
lera.kvitko@mail.ru

В связи с существующими проблемами голода и продовольственной безопасности является актуальным создание устойчивых и экологически пластичных сортов зерновых культур, как наиболее распространенных в мире. Одним из методов по выведению сортов с генетической устойчивостью к фитопатогенам является отдаленная гибридизация, при которой в селекционный процесс вовлекаются дикорастущие злаки. Данный метод издавна используется в селекционном процессе в отделе отдаленной гибридизации Главного ботанического сада (Аленичева, 2023; Кузьмина, 2021). В связи с вышеперечисленным целью исследования являлась оценка устойчивости линий озимых пшенично-пырейных гибридов из коллекции отдела отдаленной гибридизации ГБС РАН для выявления образцов с высокой потенциальной устойчивостью к микозам и дальнейшего вовлечения их в скрещивания.

Исследования проводились на опытных полях отдела отдаленной гибридизации ФГБУН Главного ботанического сада им. Н.В. Цицина РАН на дерново-подзолистой тяжелосуглинистой почве в 2022–2023 годах. Объектами исследований являлись 46 линий озимых пшенично-пырейных гибридов селекции ГБС РАН, сорта озимой пшеницы Рубежная и Московская 39 (сорт-стандарт). Фитосанитарные обследования посевов проводились в фазу колошения.

Одними из основных грибных заболеваний озимых пшенично-пырейных гибридов являлись септориоз и мучнистая роса. Пораженность растений септориозом отмечалась на высоком уровне. Средняя распространенность болезни по всем линиям озимых пшенично-пырейных гибридов составляла 60,3 %. ППГ 41 имел самый низкий процент распространенности (33,3 %). Уровень распространенности на Московской 39 достигал 16,7 %. Уровень развитие болезни на изучаемых линиях в среднем составил 12,7 %. Стандарт Московская 39 не поражался выше 8,27 % и превышал по индексу развития семь изучаемых линий (ППГ 28, ППГ 32, ППГ 41, ППГ 43, ППГ 46, ППГ 48, ППГ 91). Наименьший индекс развития септориоза наблюдался на ППГ 28 в 4,4 %.

Несмотря на большое количество осадков и оптимальный температурный режим для развития мучнистой росы зерновых культур, озимые пшенично-пырейные гибриды слабо поражались данным патогеном. Среди изучаемых образцов только на 23-х были отмечены симптомы мучнистой росы, распространенность которой находилась в пределах 3,3–46,7 %. Уровень развития болезни был в пределах от 0,1 до 16,0 %. Среди данных образцов высокая пораженность была отмечена на образце ППГ 28, а наименьшая – на ППГ 45, ППГ 46, ППГ 58, ППГ 69.

Проведение фитосанитарного обследования посевов озимых пшенично-пырейных гибридов в условиях Московской области в 2023 показало наличие микозов, среди которых преобладали септориоз листьев и мучнистая роса. Септориоз листьев наблюдался на всех изучаемых линиях, и его распространенность находилась в пределах от 30 до 90 %, а развитие – от 4 до 25 %. Мучнистая роса отмечалась только на половине исследуемых

линий, на которых средняя ее распространенность составляла 13,2 %, а средний индекс развития – 2,9 %. Среди изучаемых образцов озимых пшенично-пырейных гибридов наибольший интерес представляют линии ППГ 41 и ППГ 43, которые имели низкую пораженность по всем вышеперечисленным микопатогенами. Помимо данных линий также рекомендуются для дальнейшего изучения и вовлечения в скрещивания образцы ППГ 50, ППГ 96, ППГ 97 и ППГ 268, которые не поражались мучнистой росой и имели слабое поражение септориозом.

Работа выполнена в рамках Госзадания ГБС РАН «Гибридизация у растений в природе и культуре: фундаментальные и прикладные аспекты» (№ 122042500074-5).

ОПРЕДЕЛЕНИЕ КОЭФФИЦИЕНТА МИКРОКЛОНАЛЬНОГО РАЗМНОЖЕНИЯ У ОБРАЗЦОВ ВИНОГРАДА (*VITIS VINIFERA* L.) ИЗ КОЛЛЕКЦИИ ВИР

А. С. Кирсанова, А. А. Хохленко, М. В. Ерастенкова, М. Н. Ситников
Федеральный исследовательский центр Всероссийский институт генетических ресурсов растений имени Н.И. Вавилова (ВИР), Санкт-Петербург, Россия, kir.alesya@mail.ru

DETERMINATION OF THE MICROCLONAL REGENERATION RATES IN GRAPE (*VITIS VINIFERA* L.) ACCESSIONS FROM THE VIR COLLECTION

A. S. Kirsanova, A. A. Khokhlenko, M. V. Erastenkova, M. N. Sitnikov
N.I. Vavilov All-Russian Institute of Plant Genetic Resources (VIR), St. Petersburg, Russia, kir.alesya@mail.ru

Изучение и сохранение генетических ресурсов растений с целью их вовлечения в селекционный процесс – одна из важнейших задач современной науки. Виноградарство – одно из ведущих направлений агропромышленного комплекса в Российской Федерации. Площадь виноградных насаждений в России на 2022 г. составила 77,88 тыс. га (FAOSTAT 2022). В настоящее время острой проблемой остается расширение сортимента отечественного винограда, устойчивого к абиотическим и биотическим стрессам.

В Российскую ампелографическую коллекцию в настоящее время входит 4 больших коллекции – Анапская ампелографическая коллекция, ампелографическая коллекция «Магарач», Донская ампелографическая коллекция им. Я.И. Потапенко, ампелографическая коллекция Дагестанской опытной станции ВИР и ампелографическая коллекция Крымской опытно-селекционной станции ВИР. Общее количество сортообразцов винограда составляет около 12 500. В настоящее время на 3 станциях ВИР сохраняется более 1247 сортов винограда, 345 из которых находятся на Дагестанской ОС ВИР (Agakhanov, 2019).

Целью данной работы было определение генотипов винограда с высокой регенерационной способностью в культуре *in vitro* для отработки методик криоконсервации. При оценке использовались следующие показатели: 1. Коэффициент микроклонального размножения (КМР); 2. Динамика роста микрорастений.

Исследование проводилось в ЦКП «Лаборатория искусственного выращивания и оздоровления генофонда растений» на базе ФИЦ Всероссийский институт генетических ресурсов растений имени Н.И. Вавилова (ВИР).

В качестве объекта исследования были выбраны 6 сортов винограда вида *Vitis vinifera* L., из ампелографической коллекции Дагестанской ОС ВИР, среди них: Мускат Южнодагестанский (к-41662); Баян Ширей (к-41782); Рислинг (к-41824); Изабелла (к-41805); Кишмиш Тумут (к-41689); Черный ДОС ВИР (к-41699).

Исследуемый материал был введен в культуру *in vitro*. Для этого побеги в стадии активной вегетации стерилизовали в течении 15 минут и высаживали на питательную среду Мурасиге – Скуга (МС) с добавлением 1 мг/л фитогормоном 6-бензиламинопурином (6-БАП). Для оценки регенерационной способности для каждого из сортов был определен КМР в 3-кратной повторности. КМР – это число микрорастений образовавшихся на питательной среде из однопочечного черенка в течение 40 дней. Для исследования влияния 6-БАП на КМР в качестве контроля была взята среда МС без добавления фитогормонов. Оптимальные условия сохранения и поддержания культуры винограда в *in vitro*: постоянная температура +24...+25 °С; относительная влажность воздуха – 70–80 %, фотопериод – 16 часов. Показатели КМР и морфометрии измерялись каждые 5 дней в течение 40 дней.

Результаты исследований показали, что развитие микрорастений вышеперечисленных сортов различно в зависимости от состава питательной среды и их

сортовых особенностей. Диапазон показателей КМР у изучаемых сортов на среде МС составил от 1,3 и до 3,8, а на среде МС с добавлением 1 мг/л 6-БАП – от 3,9 и до 10,4.

Также наблюдали за ростом растений и фиксировали высоту побегов на среде МС (40 сутки) диапазон показателей у всех сортов был от 1,3 см и до 1,9 см, а на среде МС с добавлением 6-БАП – от 1,6 см и до 2,6 см.

В процессе исследования, выявлены генотипы винограда с высоким показателем регенерационной способности и КМР. В дальнейшем их можно использовать для отработки методов ускоренной селекции и для включения в биотехнологические программы.

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».

РОД *Vaccinium* L. КОЛЛЕКЦИИ ВИР

А. С. Коврижных¹, Л. Ю. Шипилина¹, Н. Г. Тихонова¹, Г. Ю. Макеева²,
Н. Ю. Камылина¹, Ю. В. Ухатова¹

¹ Федеральный исследовательский центр Всероссийский институт генетических ресурсов растений имени Н.И. Вавилова (ВИР), Санкт-Петербург, Россия

² Всероссийский научно-исследовательский институт лесоводства и механизации лесного хозяйства (ВНИИЛМ), Центрально-Европейская лесная опытная станция – филиал ВНИИЛМ, Кострома, Россия, Sergeevna-kuz@yandex.ru

THE GENUS *Vaccinium* L. IN THE VIR COLLECTION

A. S. Kovrizhnykh¹, L. Yu. Shipilina¹, N. G. Tikhonova¹, G. Yu. Makeeva²,
N. Yu. Kamylnina¹, Yu. V. Ukhatova¹

¹ N.I. Vavilov All-Russian Institute of Plant Genetic Resources (VIR), St. Petersburg, Russia,

² All-Russian Research Institute for Silviculture and Mechanization of Forestry (VNIILM), Central European Forest Experiment Station – branch of VNIILM, Kostroma, Russia, Sergeevna-kuz@yandex.ru

Получение новых знаний о генетическом разнообразии культурных отечественных сортов и их диких родичей, а также выявление диапазона изменчивости хозяйственно ценных признаков имеет ключевое значение для развития отечественных современных методов и технологий в таких отраслях, как селекция, агропромышленный комплекс, фармакология, фармацевтика, индустрия красоты, а также играет важную роль для экономики страны. В связи с чем в современных условиях актуальной задачей является изучение отечественных сортов и гибридов рода *Vaccinium* L., пригодных для промышленного выращивания в условиях Нечерноземной зоны Российской Федерации. Наиболее ценными видами этого рода для изучения являются клюква (*Oxycoccus palustris* Pers, *O. macrocarpus* Pers.), голубика (*Vaccinium uliginosum* L., *V. corymbosum* L., *V. angustifolium* Aiton), черника (*Vaccinium myrtillus* L.), брусника (*Vaccinium vitis-idaea* L.).

Цель: мобилизация имеющихся культурных сортов клюквы и голубики отечественной из Центрально-Европейской лесной опытной станции – филиала Всероссийского научно-исследовательского института лесоводства и механизации лесного хозяйства (ЦЕ ЛОС ВНИИЛМ) и сортов североамериканской селекции, сбор ценных дикорастущих клонов данных видов из разных мест обитания для создания уникальной коллекции рода *Vaccinium* и дальнейшего изучения и выявления диапазона изменчивости хозяйственно ценных признаков, вовлечения их в селекционно-генетические программы для создания новых, высокопродуктивных сортов.

В 2024 году начался сбор материала для создания коллекции. В рамках сотрудничества с ЦЕ ЛОС ВНИИЛМ были получены 12 сортов, из них 3 сорта клюквы крупноплодной *Oxycoccus macrocarpus* и 9 сортов клюквы болотной *O. palustris*, 5 сортов голубики узколистной – *Vaccinium angustifolium* и гибридов *V. angustifolium* × *V. corymbosum*, привлечены 13 североамериканских сортов голубики садовой. А также в весенне-летний период 2024 года проходил сбор образцов диких видов из различных местообитаний. Были мобилизованы представители рода *Vaccinium*: *Oxycoccus palustris* (клюква болотная), *Vaccinium myrtillus* (черника обыкновенная), *V. vitis-idaea* (брусника).

Создание коллекции рода *Vaccinium* предполагает наличие как полевой коллекции, так и в культуре *in vitro*.

На данный момент идет формирование устойчивой коллекции образцов *in vitro* свободной от грибной и бактериальной инфекции. Введение мобилизованных образцов происходило в центре коллективного пользования «Лаборатория искусственного выращивания и оздоровления генофонда растений» на базе Федерального

исследовательского центра Всероссийского института генетических ресурсов растений имени Н.И. Вавилова (ВИР)

Был исследован протокол стерилизации растительного материала хлорсодержащими агентами. Первый этап введения состоял из промывки проточной водой с ПАВ. Стерилизация проводилась бытовым чистящим средством Domestos 1 : 4 с экспозицией 15 минут и дальнейшей трехкратной промывкой стерильной автоклавированной дистиллированной водой в условиях ламинарных боксов. Далее черенки с пазушными почками по 20 эксплантов каждого сорта высаживали на питательные среды.

Для инициации ростовых процессов применяли две контрастные питательные среды. Одно сочетание включало в себя среду на основе макро-, микросолей и витаминов по прописи Murashige and Skoog medium (MS) с добавлением 2мг/л бензиламинопурина (БАП), вторая среда – Woody Plant Medium (WPM) + 2мг/л Zeatin. Количество сахарозы, агар-агара и показатели кислотности среды были одинаковыми в обоих вариантах.

Параллельно на территории научно-производственной базы «Пушкинские и Павловские лаборатории ВИР» черенки клюквы, привезенные из ЦЕ ЛОС ВНИИЛМ, были пересажены в кассеты в грунт и перенесены в теплицы с туманообразующими установками для лучшего укоренения.

На данный момент в культуру *in vitro* успешно введены 11 сортов клюквы (*Oxycoccus*) – 3 сорта клюквы крупноплодной (*O. macrocarpus*) ‘Мерянка’, ‘Славянка’, ‘Волжанка’, и 9 сортов клюквы болотной (*O. palustris*) ‘Северянка’, ‘Фомич’, ‘Краса Севера’, ‘Сазоновская’, ‘Хотавецкая’, ‘Алая заповедная’, ‘Вогулка’, ‘Соминская’, ‘Дар Костромы’ селекции ЦЕ ЛОС ВНИИЛМ, а также образцы диких видов клюквы болотной *O. palustris*. В состав рабочей коллекции входят 5 сортов голубики узколистной *Vaccinium angustifolium* и гибридов *V. angustifolium* × *V. corymbosum* (‘Нея’, ‘Нерль’, ‘Лакомка’, ‘Поморочка’, ‘Патриот’) и ряд зарубежных сортов голубики садовой (для возможности дальнейшего сравнения).

В продолжение работ будет увеличен ареал сборов диких родичей культурных растений в природной среде, апробирован и при необходимости доработан протокол стерилизации растительного материала для них, а также проведен подбор условий укоренения и размножения в полевых условиях сортовой голубики и дикорастущей черники.

ВЫРАЩИВАНИЕ ЗЛАКОВЫХ КУЛЬТУР В ГОРОДСКИХ УСЛОВИЯХ САНКТ-ПЕТЕРБУРГА

В. А. Кузнецова, У. А. Чиркова

Средняя общеобразовательная школа № 193 Центрального района Санкт-Петербурга,
Санкт-Петербург, Россия, polikusenko@gmail.com

GROWING CEREALS UNDER URBAN CONDITIONS IN ST. PETERSBURG

V. A. Kuznetsova, U. A. Chirkova

Secondary Education School No. 193 of the Central District of St. Petersburg, St. Petersburg,
Russia, polikusenko@gmail.com

В работе представлены результаты наблюдений за ростом злаковых культур из коллекции семян ВИР в городских условиях Санкт-Петербурга, в частности, Центрального района. Особое внимание уделяется сортовому составу выбранных культур, а также погодным условиям, сопутствующим лету 2023 года.

Цель проекта: определение возможности выращивания злаковых культур в климатических условиях Санкт-Петербурга.

Объект проекта: Полба (*Triticum dicoccum* Schrank ex Schubl), Овес Азиль (*Avena sativa* var. *inermis*), Пшеница шарозерная (*Triticum aestivum* L. subsp. *sphaerococcum*), Пшеница яровая остистая (*Triticum aestivum* L.), Пшеница яровая безостая (*Triticum aestivum* L.).

Предмет проекта: всхожесть и вегетация выбранных злаковых культур.

Проблема: выявление подходящих условий для выращивания злаковых культур в Центральном районе Санкт-Петербурга и анализ реализации успешного посева.

Методы, примененные в работе: мониторинг, метод эмпирического исследования.

На этапе анализа теоретического материала для разработки исследования были сформулированы основные характеристики злаковых культур, являющихся объектами данного проекта.

Полба (*Triticum dicoccum*) – однолетнее травянистое растение семейства Злаки, вид Пшеница мягкая.

Овес (*Avena sativa*) – однолетнее травянистое растение, вид Овес посевной.

Пшеница яровая остистая (*Triticum aestivum* L.) – однолетнее травянистое растение семейства Злаки, вид Пшеница мягкая, колосья которого имеют остя.

Пшеница яровая безостая (*Triticum aestivum* L.) – однолетнее травянистое растение семейства Злаки, вид Пшеница мягкая, не меющая остев.

Пшеница шарозерная (*Triticum aestivum* L. subsp. *sphaerococcum*) – однолетнее травянистое растение семейства Злаки, подвид Пшеницы мягкой.

В ходе работы над проектом были выявлены условия формирования климата Санкт-Петербурга, к примеру, смена и взаимодействие воздушных масс, поступающих с Атлантики.

В практической части работы описывается наблюдение за ростом злаковых культур, фиксировалось прорастание, вегетация, цветение и плодоношение. С целью систематизации полученных данных была сформирована таблица, содержащая информацию о коэффициенте всхожести выбранных культур, а именно: Овес Азиль – 43 %; Полба – 48 %; Пшеница яровая остистая – ~71 %; Пшеница Шарозерная – 63 %; Пшеница яровая безостая – 43 %.

Также был проведен осмотр выращенных образцов на наличие свойственных представителям злаковых болезней и паразитов. На протяжении всего периода проведения наблюдения особое внимание уделялось погодным условиям города, в результате чего был составлен «Дневник погодных наблюдений».

Июль

Число	Температура	Атмосферное давление	Облачность	Виды облаков	Осадки	Направление ветра	Явления погоды
1	+21	746	☉			↓ С 2м/с	
2	+19	746	☉			→ З 2м/с	Дождь
3	+19	748	☉			↗ ЮВ 6м/с	
4	+17	755	☉			↗ ЮВ 4м/с	
5	+18	759	☉			↗ ЮВ 4м/с	Дождь
6	+14	763	☉			↗ ЮВ 2м/с	
7	+18	762	☉			→ З 3м/с	
8	+10	761	☉			↗ ЮВ 3м/с	
9	+14	769	☉			↙ СВ 5м/с	
10	+16	768	☉			↙ СВ 3м/с	
11	+19	762	☉			↓ С 2м/с	
12	+20	758	☉			↓ С 2м/с	
13	+10	755	☉			→ З 2м/с	
14	+10	757	☉			→ З 2м/с	
15	+21	760	☉			→ З 4м/с	
16	+16	761	☉			↗ ЮВ 1м/с	
17	+12	759	☉			→ З 2м/с	
18	+16	759	☉			↓ С 1м/с	Дождь
19	+19	750	☉			→ З 4м/с	
20	+19	751	☉			→ З 4м/с	
21	+10	752	☉			→ З 4м/с	
22	+19	754	☉			→ З 4м/с	
23	+10	754	☉			→ З 5м/с	
24	+19	752	☉			→ З 4м/с	
25	+12	749	☉			↙ СВ 2м/с	
26	+10	749	☉			↙ СВ 1м/с	
27	+10	754	☉			→ З 2м/с	
28	+17	750	☉			↙ СВ 3м/с	
29	+21	752	☉			↗ ЮВ 4м/с	
30	+22	755	☉			→ З 2м/с	
31	+21	755	☉			↙ СВ 2м/с	

Август

Число	Температура	Атмосферное давление	Облачность	Виды облаков	Осадки	Направление ветра	Явления погоды
1	+15	755	☉			↑ Ю 2 м/с	
2	+14	764	☉			↑ Ю 3 м/с	Дождь
3	+13	763	☉			← В 1 м/с	
4	+12	754	☉			↑ Ю 3 м/с	Дождь
5	+13	761	☉			→ З 2 м/с	
6	+16	759	☉			→ З 1 м/с	
7	+10	754	☉			↙ СВ 4 м/с	
8	+13	757	☉			↙ СВ 4 м/с	
9	+12	761	☉			↙ СВ 1 м/с	
10	+14	762	☉			↙ СВ 1 м/с	
11	+15	768	☉			↙ СВ 1 м/с	
12	+13	765	☉			↓ С 2 м/с	
13	+12	760	☉			↓ С 2 м/с	
14	+21	763	☉			→ З 5 м/с	
15	+20	767	☉			→ З 5 м/с	
16	+16	764	☉			↙ СВ 3 м/с	
17	+12	767	☉			→ З 3 м/с	
18	+13	773	☉			↙ СВ 2 м/с	
19	+17	770	☉			↙ СВ 1 м/с	
20	+10	767	☉			↙ СВ 2 м/с	
21	+12	762	☉			→ З 2 м/с	
22	+19	758	☉			→ З 5 м/с	
23	+17	756	☉			↙ СВ 1 м/с	
24	+19	761	☉			↙ СВ 2 м/с	
25	+10	760	☉			↙ СВ 2 м/с	
26	+18	761	☉			↙ СВ 1 м/с	
27	+19	758	☉			← В 1 м/с	
28	+18	755	☉			→ З 1 м/с	Дождь
29	+16	759	☉			← В 3 м/с	
30	+10	756	☉			↑ Ю 1 м/с	
31	+15	754	☉				

Рисунок. Страница дневника наблюдений

В городских условиях Санкт-Петербурга возможно вырастить пшеницу, овес и полбу; наиболее подходящими для выращивания в вышеупомянутых условиях оказались Пшеница яровая остистая (*Triticum aestivum*) и Пшеница Шарозерная (*Triticum aestivum* subsp. *sphaerococcum*); полученные образцы не были заражены или подвержены влиянию паразитов.

Вывод: данный опыт может быть применен для расширения имеющихся данных об урожайном потенциале вышеуказанных культур в данном регионе.

ВЫЯВЛЕНИЕ ЛОКУСОВ СОИ ПО ЦЕННЫМ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫМ ПРИЗНАКАМ НА ЮГЕ РОССИИ

**Е. А. Лепилова^{1,3}, М. Т. Меньков^{1,2}, Н. А. Швачко², И. В. Розанова²,
Е. К. Хлесткина^{1,2}**

¹ Научно-технологический университет «Сириус», Краснодарский край, Россия

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

³ Федеральный исследовательский центр Всероссийский институт генетических ресурсов растений имени Н.И. Вавилова (ВИР), Адлерская опытная станция – филиал ВИР, Адлер, Россия, ek.lepilova@yandex.ru

IDENTIFICATION OF SOYBEAN LOCI FOR VALUABLE AGRICULTURAL TRAITS IN SOUTHERN RUSSIA

E. A. Lepilova^{1,3}, M. T. Menkov^{1,2}, N. A. Shvachko², I. V. Rozanova², E. K. Khlestkina^{1,2}

¹ Sirius University of Science and Technology, Krasnodar Territory, Russia

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

³ N.I. Vavilov All-Russian Institute of Plant Genetic Resources' (VIR), Adler Experiment Station – branch of VIR, Adler, Russia, ek.lepilova@yandex.ru

Соя – одна из важнейших культурных растений, играющая ключевую роль в обеспечении продовольственной безопасности. Поиск локусов сои, ассоциированных с ценными сельскохозяйственными признаками, – ключевой шаг в этом направлении. Перспективным методом выявления геномных локусов можно выделить полногеномный анализ ассоциаций (GWAS). Происходит поиск взаимосвязи между однонуклеотидными полиморфизмами (SNP) и фенотипическими признаками в большой популяции, результатом чего является маркированные гены, ценные для ускоренной селекции. Секвенирование и сборка полного генома сои в 2010 году (Williams 82) позволяет сегодня, за счет наличия референсной последовательности, эффективно применять методы таргетного секвенирования геномов различных сортов для генотипирования (GBS) и последующего анализа ассоциаций «генотип – фенотип».

В рамках данного исследования была проведена комплексная фенотипическая оценка образцов сои в условиях влажного субтропического климата в течение на территории адлерской опытной станции – филиале ВИР в 2023 и 2024 годах. С целью дальнейшего проведения GWAS-анализа 190 образцов сои, были генотипированы методом GBS (Genotyping-by-Sequencing) и подготовлены для дальнейшей идентификации генетических маркеров.

Целью исследования было выявить ассоциации между генотипом и фенотипом ценных хозяйственных признаков сои для ускорения процесса селекции и создания новых сортов с улучшенными качествами. Использование ДНК-диагностики позволит проводить отбор селекционного материала более эффективно и быстро.

Использование метода GWAS на ранее неизученных сортах с применением метода GBS позволяет нам получить новую информацию о SNP ценных хозяйственных признаков. Полученные данные помогут в разработке ДНК-маркеров для ускоренной селекции.

Работа выполняется в рамках магистерской работы «Сириус» при поддержке НЦМУ.

СОЗДАНИЕ ПИЩЕВЫХ СОРТОВ ЧЕРЕМУХИ В ЦЕНТРАЛЬНОМ СИБИРСКОМ БОТАНИЧЕСКОМ САДУ СО РАН

А. В. Локтева

Центральный сибирский ботанический сад Сибирского отделения Российской академии наук (ЦСБС СО РАН), Новосибирск, Россия, Lokteva30@mail.ru

DEVELOPMENT OF FOOD BIRD CHERRY CULTIVARS AT THE CENTRAL SIBERIAN BOTANICAL GARDEN SB RAS

A. V. Lokteva

Central Siberian Botanical Garden of the Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences (CSBG SB RAS), Novosibirsk, Russia, Lokteva30@mail.ru

Растения рода (или подрода) черемуха широко распространены на территории Евразии, а также в Северной и Центральной Америке, но количество действительно оригинальных видов невелико, все виды тетраплоидны. Наибольший ареал – по всей лесной и лесостепной зонам Северной Евразии и по горным системам к югу – имеет черемуха кистевая (обыкновенная, птичья) – *Padus avium* (L.) Mill. Этот вид обладает самой высокой морозостойкостью из всех косточковых и самой высокой зимостойкостью в пределах своего ареала. Несмотря на эти достоинства, его практически не выращивают в качестве плодового растения из-за резко периодичного плодоношения. Плоды этого вида мало используют свежими, традиционно их сушат для получения черемуховой муки и используют в качестве сырья для спиртных напитков типа аморетто, или же в лекарственных целях. В плодах содержится обычно более 30 % сухих веществ, около половины из которых – сахара, кислот обычно мало – до 1 %, много Р-активных соединений и пектинов, мало витамина С.

Кроме черемухи кистевой, для северной части земледельческой зоны России представляет значительный интерес и североамериканская черемуха виргинская, произрастающая на родине в сходных условиях. Этот вид также не выращивается широко где-либо, хотя в начале XX столетия в США и Канаде было зарегистрировано более 10 пищевых сортов, разнообразных по качеству плодов и один декоративный сорт. Черемуха виргинская более низкоросла, растет в виде многоствольного куста, образует много поросли. Важной биологической особенностью ее являются более поздние сроки наступления фаз. Химический состав плодов обоих видов сходен, но четко выражено и своеобразие вкуса каждого. Плоды черемухи виргинской весьма разнообразны по окраске – от желтой до черной – с явным преобладанием красных тонов.

Интродукция этого вида в разных частях России показала, что он может успешно произрастать даже в суровых условиях Сибири. Уступая местному виду в зимостойкости, черемуха виргинская часто плодоносит более регулярно. Имелись также сведения о возникновении гибридов этих видов. Некоторые другие виды черемухи также испытывались в России. Черемуха поздняя может успешно произрастать только в юго-западных регионах, а черемуха съори ненадежна из-за очень высокой требовательности к влажности воздуха.

Первым этапом исследований стало изучение биологических особенностей черемухи. Было выявлено, что основной причиной нерегулярности плодоношения ч. кистевой является ее раннее цветение, обычно совпадающее с заморозками или холодными дождями, тогда как более поздноцветущая ч. виргинская и межвидовые гибриды плодоносили более регулярно и обильно. Гибриды первого поколения были высокорослы и высоко зимостойки, отличались хорошим укоренением зеленых черенков и высокой регулярной урожайностью.

Гибриды первого поколения ч. виргинской с ч. кистевой были высоко плодовиты, хорошо скрещивались с родительскими видами и между собой. Во втором поколении заметно увеличивалось разнообразие признаков и их сочетаний, в том числе появлялась заметное количество слабо плодовитых особей. При повторных скрещиваниях гибридов с одним из родительских видов, у сеянцев возрастала доля признаков преобладающего родителя. Таким образом, перспективным направлением селекции черемухи в наших условиях является гибридизация черемухи виргинской и кистевой с последующим разнообразием способов решения конкретных задач.

Параллельно проводился сбор обширной коллекции и изучение внутривидового разнообразия обоих видов, а также и гибридов. Были изучены признаки плодов у нескольких сотен растений родительских видов и более тысячи гибридов. Изучалось также и природное разнообразие признаков в популяциях ч. кистевой. Полученные данные позволили установить средние характеристики для каждой группы и объективные критерии выделения лучших образцов для последующей селекционной работы.

Наши первые сорта были получены в значительной степени случайно, в период изучения биологических особенностей черемухи. Они были выделены за хорошую регулярную урожайность и качество плодов. Наиболее крупноплодны из них Памяти Саламатова и Черный блеск, а наиболее высокоурожайны при высоком качестве плодов – Мавра и Поздняя радость. Используя полученные сорта и выделенные в коллекции образцы с выдающимися характеристиками около 15 лет назад была начата селекционная программа, целью которой было получение сеянцев с более крупными плодами при сохранении высокого уровня зимостойкости и урожайности, хорошего вкуса и мелкой косточки. Уже проведена оценка более 2000 сеянцев, выявлены генотипы – источники отдельных признаков и перспективные родительские пары.

Лучшими источниками крупноплодности оказались сорта Памяти Саламатова и Черный блеск, образцы ч. кистевой Крупная от Бондарева и ее сеянцы № 11-2-63, № 11-2-64 и № 11-2-74, образцы ч. виргинской № 1-14-1 и № 10-5-2. При их взаимных скрещиваниях наблюдалась положительная трансгрессия массы плода – на 20–50 % по сравнению с более крупноплодным родителем, т. е. получены сеянцы со средней массой плода 1,2–1,5 г. Меньшее количество крупноплодных сеянцев получено при скрещивании этих образцов с сортами Плотнокистная и Самоплодная.

Наиболее вкусные плоды были в семьях с участием сортов Мавра, Поздняя радость, Памяти Саламатова и гибрида № 9-17-37 (Ольгина радость). Мавра и Поздняя радость образовывали много сеянцев с очень высокой плодовитостью (более 40 %), но масса их плодов не превышала 1 г. Лучшими источниками мелкой косточки были обладатели этого признака – Поздняя радость (7 %) и Плотнокистная (8 %). Гибридное потомство очень разнообразно по срокам цветения и созревания плодов.

Изучалась также пригодность сортов и гибридов для приготовления компотов по ранее разработанной технологии. Лучший вкус, как правило, имели гибриды первого поколения. Среди гибридов второго поколения и от повторных скрещиваний с ч. виргинской также часто встречался хороший вкус. При повторных скрещиваниях с ч. кистевой часто появлялась терпкость в сиропе и жесткость мякоти плода. Лучшие компоты по комплексу качеств (вкус, окраска и консистенция сиропа и плодов) имели декоративные краснолистные сорта Красный шатер, Сибирская красавица и Пурпурная свеча. Образцы с наиболее сладкими плодами давали компоты невысокого качества.

Лучшие по комплексу признаков гибриды проходят коллекционное изучение и готовятся к передаче на сортоиспытание. Также проводятся скрещивания этих гибридов между собой с целью дальнейшего увеличения массы плода до 1,8–2,0 г. Для дальнейшего усиления этого признака необходим поиск новых крупноплодных образцов ч. виргинской.

ГОЛОЗЕРНЫЙ ЯЧМЕНЬ КАК ИСТОЧНИК ДЛЯ СЕЛЕКЦИИ СОРТОВ С ВЫСОКИМ КАЧЕСТВОМ ЗЕРНА

К. А. Лукина, В. И. Хорева, О. Н. Ковалева

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

NAKED BARLEY AS A SOURCE FOR BREEDING CULTIVARS WITH HIGH GRAIN QUALITY

K. A. Lukina, V. I. Khoreva, O. N. Kovaleva

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

Среди зерновых культур ячмень (*Hordeum vulgare* L.) занимает четвертое место в мире по сбору урожая и площади возделывания. В России более 70 % ячменя используется для кормовых целей. В Северо-Западном регионе он является главной зернофуражной культурой и занимает 63 % зернового клина. Проблема повышения не только урожайности, но и качества зерна ячменя имеет первостепенное практическое значение. Качество зерна зависит от многих показателей, основным из которых является содержание белка.

В настоящее время вновь возник интерес к голозерному ячменю, в том числе в России. Главной особенностью голозерного ячменя является то, что зерновки не срастаются с цветковыми чешуями и при обмолоте легко отделяются, тем самым облегчая переработку зерна и не теряют свои питательные компоненты во время обрушивания, как пленчатый. Зерновки голозерного ячменя также отличаются повышенным содержанием белка и незаменимых аминокислот, жиров, β -глюканов и других биохимических компонентов, обладающих антиоксидантной активностью. Это обуславливает расширение возможности его использования как источника для создания сортов с высокими кормовыми и питательными достоинствами. Однако голозерный ячмень характеризуется рядом недостатков (низкая устойчивость к полеганию, низкая урожайность), что ограничивает его использование повсеместно.

Для создания новых сортов сельскохозяйственных растений, обладающих комплексом ценных признаков, высокой урожайностью и высоким качеством продукции в разнообразных условиях среды, требуется хорошо изученный исходный материал.

Целью данной работы является изучение мирового разнообразия голозерного ячменя из коллекции ВИР для выделения источников с высокой устойчивостью к полеганию, зерновой продуктивностью и качеством зерна.

Изучение проводили на наборе из 271 образцов голозерного ячменя коллекции ВИР различного происхождения. Сравнение осуществляли с 30 современными пленчатыми образцами. В качестве стандарта использовали пленчатые сорта Белогорский и Суздалец. Изучение ячменя проведено в 2021–2023 гг. на экспериментальном поле научно-производственной базы «Пушкинские и Павловские лаборатории ВИР». Наблюдение и оценку осуществляли с использованием «Методических указаний по изучению и сохранению мировой коллекции ячменя и овса». Определение белка выполнено методом измерения спектральных характеристик образцов в ближнем ИК-диапазоне электромагнитного излучения.

На основе полевого и лабораторного изучения дана агробиологическая характеристика набора и выделены источники по хозяйственно ценным признакам (устойчивость к полеганию, урожайность, высокое качество зерна) и их комплексу в условиях Северо-Западного региона России.

В качестве исходного материала для селекции на повышение устойчивости к полеганию выделено 60 образцов (22 % набора), наиболее устойчивы к полеганию образцы из Северной Америки и Африки, наименее – из Передней Азии, Европейской части РФ и Южной Америки.

Урожайными показали себя шестирядные голозерные образцы преимущественно из России и Азии. Урожайность образцов: к-31522 Н.С. Hankeye (Канада), к-18118 Пайтовский голозерный (Архангельская обл.), к-4736 Неведомый (Кировская обл.), к-16623 24 (Псковская обл.), к-6009 Местный (Афганистан), к-17948 Местный (Ленинградская обл.) не уступает пленчатым стандартам. Образцы двурядного голозерного ячменя показали себя менее продуктивными, чем шестирядные, выделились 2 образца к-22784 Abyssinian 1102 (Эфиопия), к-31049 Bear (США), которые по урожайности соответствовали пленчатому стандарту.

Наиболее высоким содержанием белка (более 20 %). характеризовались 8 двурядных и 15 шестирядных голозерных образцов. Показано, что достоверное влияние на содержание белка оказывают погодные условия, генотип, пленчатость зерна ($p < 0,05$). Образцы голозерного ячменя достоверно превышают пленчатые по содержанию белка в зерне. Высокобелковые образцы относятся главным образом к шестирядной группе из Азии и могут выступать как источники улучшения качества зерна для кормовых и пищевых целей.

По комплексу признаков (устойчивость к полеганию 7–9 баллов, урожайность более 230 г/м², содержание белка более 17 %) выделено всего 5 образцов: к-20923 Arabische (Эфиопия), к-21341 Jamatohadaka (Япония), к-31431 AF Cesar (Чехия), к-31520 Козацкий (Украина), к-27345 Гибридная линия (Беларусь).

Мировая коллекция ячменя ВИР сохраняет и поддерживает более 1000 голозерных образцов различного происхождения. Она является потенциальным источником хозяйственно ценных признаков для селекции и требует дальнейшего изучения. Выделенный исходный материал среди голозерного ячменя может передаваться в ведущие селекционные центры для создания новых сортов с повышенной урожайностью и высоким качеством зерна.

Исследование выполнено за счет гранта Российского научного фонда № 23-76-00005, <https://rscf.ru/project/23-76-00005/>

ОПРЕДЕЛЕНИЕ СОДЕРЖАНИЯ ПОЛИФЕНОЛЬНЫХ КОМПОНЕНТОВ, ВИТАМИНА С И АНТИОКСИДАНТНОЙ АКТИВНОСТИ ЭТАНОЛЬНЫХ ЭКСТРАКТОВ *RUBUS CHAMAEMORUS*, ПРОИЗРАСТАЮЩЕЙ НА КОЛЬСКОМ ПОЛУОСТРОВЕ

А. С. Малавенда, Н. В. Икко

Центр образования «Лапландия», Мурманск, Россия, malavendaanastacia@yandex.ru,
ikko@lenta.ru

MEASURING THE CONTENT OF POLYPHENOLIC COMPONENTS, VITAMIN C, AND ANTIOXIDANT ACTIVITY OF ETHANOL EXTRACTS IN *RUBUS CHAMAEMORUS* NATIVE TO THE KOLA PENINSULA

A. S. Malavenda, N. V. Ikko

Laplandia Education Center, Murmansk, Russia, malavendaanastacia@yandex.ru, ikko@lenta.ru

Морошка приземистая (*Rubus chamaemorus* L.) является одной из наиболее востребованных дикорастущих ягодных культур на Кольском полуострове. Она широко распространена в лесотундровой и таежных зонах Европейской части России и Сибири. В северных регионах России ресурсная роль морошки особенно значительна для человека. В последние годы этот вид все более активно используется в пищевой, фармацевтической и косметической промышленности. Ягоды морошки используют в качестве противогрибкового средства благодаря содержанию витамина С. Растение богато полифенольными соединениями, которые действуют как антиоксиданты и могут снизить риск сердечных заболеваний, диабета, воспалений. Исследования данного вида проводились в основном в Ямало-Ненецком АО, Красноярском Крае, на Западном Шпицбергене и в Республике Беларусь. Несмотря на значительное количество публикаций, посвященных изучению *R. chamaemorus*, некоторые аспекты биологии этого растения, как на Кольском полуострове, так и в других частях ареала, остаются малоизученными, поэтому мы решили провести данное исследование.

Материал для исследования был собран летом 2023 года в четырех районах Кольского полуострова: близ губы Западная Лица и п. Дальние Зеленцы на севере полуострова, в кустарничково-лишайниковой тундре, а также в районе п. Умба и п. Чаваньга на юге полуострова (северо-таежный сосновый лес). На каждой учетной площадке отбирали по 30 растений случайным образом. Растения гербаризировали в день сбора. Определяли фитоценоз. Отбор и гербаризация материала производились по методике «Методические указания по проведению экспедиционных исследований ВИР». Районы сбора материала отличались по климатическим условиям и световому режиму. В лабораторных условиях определяли общую антиоксидантную активность, общее содержание фенольных компонентов и флавоноидов, содержание витамина С. Для определения общей антиоксидантной активности использовался фосфомолибдатный метод. Для определения общего количества фенольных компонентов использовался метод Фолина-Чакалтеу. Для определения общего содержания флавоноидов использовали реакцию комплексообразования с хлоридом алюминия. Содержание витамина С определяли с помощью йодатного метода по ГОСТ 7047-55. Методика экстракции морошки и проведение самого анализа на общую антиоксидантную активность, общее содержание фенольных компонентов и флавоноидов брали из научной работы Коровкина А. В. и др. «Определение содержания полифенольных компонентов, антиоксидантной и антирадикальной активности этанольных экстрактов растения *Koenigia weyrichii*, произрастающего на Кольском полуострове». Анализ образцов проводили с использованием спектрофотометра СФ-200. Экстракцию проводили в ультразвуковой

ванне УЗУМИ-15. Для сравнения средних значений признаков применяли t-критерий Стьюдента.

В результате исследования установлено, что общее содержание фенольных компонентов в экстрактах листьев растений из четырех ценопопуляций варьировалось от 137,7 до 179,9 мг ГАЕ/г. Достоверных отличий между ценопопуляциями *R. chamaemorus* по этому показателю не выявлено. Наибольшее количество фенольных компонентов в экстрактах ягод морошки отмечалось у растений из ценопопуляции близ п. Умба (15,12 мг ГАЕ/г), наименьшее – у растений из ценопопуляции близ п. Чаваньга (5,7 мг ГАЕ/г). При сравнении с литературными данными выявлено, что количество фенольных компонентов в листьях растений на Кольском полуострове заметно ниже по сравнению с растениями из Белоруссии. При анализе на общее содержание флавоноидов выявлено, что наибольшее их количество отмечалось в этанольных экстрактах листьев растений из ценопопуляции близ п. Дальние Зеленцы (0,219 мг ГАЕ/г), а наименьшее – в ценопопуляции из п. Чаваньга (0,112 мг ГАЕ/г).

По результатам анализа этанольных экстрактов ягод на общее содержание флавоноидов наибольшие показатели отмечались у растений из ценопопуляции близ п. Умба (0,04 мг ГАЕ/г). Между другими тремя ценопопуляциями не выявлено достоверной разницы по этому параметру. При измерении общей антиоксидантной активности обнаружено, что наибольшие значения этого показателя, как в ягодах, так и в листьях отмечались у образцов из п. Чаваньга. Наименьшая антиоксидантная активность выявлена в экстрактах ягод у образцов из п. Дальние Зеленцы и окрестностей губы Западная Лица, в экстрактах листьев – у образцов из окрестностей губы Западная Лица. Наибольшее содержание аскорбиновой кислоты отмечалось в этанольных экстрактах ягод из ценопопуляции близ п. Дальние Зеленцы. Не выявлено достоверной разницы между ценопопуляциями из окрестностей губы Западная Лица, п. Умба и п. Чаваньга по данному показателю.

Таким образом, в результате данного исследования установлено, что у *R. chamaemorus* из всех изученных районов содержание фенольных компонентов, флавоноидов и общая антиоксидантная активность в листьях выше, чем в ягодах. Этот факт можно учитывать при использовании растений для фармацевтики. При сравнении полученных нами результатов с данными из литературных источников выявлено, что общее содержание фенольных компонентов и общая антиоксидантная активность ниже у образцов, произрастающих на Кольском полуострове, по сравнению с образцами из Белоруссии. Учитывая роль низкомолекулярных антиоксидантов в защите растений от неблагоприятных факторов среды, можно предположить, что на Кольском полуострове, у северной границы ареала данного вида, сложились более благоприятные условия обитания для *R. chamaemorus*.

БИОРАЗНООБРАЗИЕ ЛУКОВЫХ КУЛЬТУР НА СЕВЕРО-ВОСТОКЕ ЕВРОПЕЙСКОЙ ЧАСТИ РФ КАК ОСНОВА УСПЕШНОЙ СЕЛЕКЦИИ

В. М. Мотов, М. В. Мотова, И. А. Устюжанин

Федеральный аграрный научный центр Северо-Востока имени Н.В. Рудницкого, Киров,
Россия, priemnaya@fanc-sv.ru

BIODIVERSITY OF ONION CROPS IN THE NORTHEASTERN EUROPEAN PART OF RUSSIA

V. M. Motov, M. V. Motova, I. A. Ustyuzhanin

Federal Agricultural Research Center of the North-East named N.V. Rudnitsky, Kirov, Russia,
priemnaya@fanc-sv.ru

В лаборатории селекции овощных культур в ФГБНУ ФАНЦ Северо-Востока имени Н.В. Рудницкого успешно ведется селекционная работа по луковым культурам. Биоразнообразие луковых культур, которые находятся в изучении в лаборатории, представлены: чесноками, луком-шалотом, луком-репкой, а также многолетними луками. В результате проведенной селекционной работы отобраны перспективные 14 сортообразцов лука-шалота и 14 сортообразцов репчатого лука биоразнообразия которых представлено устойчивостью, адаптированностью к абиотическим факторам среды северных регионов Европейской части РФ, а также генотипическим разнообразием: по урожайности, продуктивности и фенотипическими сортовыми признакам (форме луковицы, цвету, биохимическому составу луковиц и пера, вкусовым качествам).

Источниками для селекции стали российские, а также интродуцированные западно-европейские и азиатские образцы луков, которые адаптировали к местным условиям Северо-Востока Европейской части РФ, проводя селекционную работу по важным показателям сорта. Кроме того, учитывали биоразнообразие основных фенотипических признаков, которые имеют большое значение для потребителя по результатам исследования потребительского рынка

Исследования проводили на селекционных участках в г. Кирове (содержание общего углерода 2,86 %, рН_{КСL} – 6,5, содержание (по Кирсанову) P₂O₅ 234 мг, K₂O 361 мг на 1 кг почвы), а также на селекционном участке в Оричевском районе Кировской области на почвах с высоким агрофоном: содержание общего углерода до 5,3 %, рН_{КСL} – 7,0, содержание (по Кирсанову) P₂O₅ > 250 мг, K₂O > 250 мг на 1 кг почвы.

Климат в Кирове и области континентальный умеренного пояса, с возможными регулярными резкими похолоданиями летом из-за воздушных полярных масс Северного Ледовитого океана. Погодные условия за период исследований (2019–2023 гг.) были контрастными, что позволило оценить реакцию растений на их изменения. Сумма эффективных температур за 4 месяца с мая по август: в 2019 г. составила 3086,0 °С; в 2020 г. – 3105,5 °С; в 2021 г. – 3929,7 °С; в 2022 г. – 2960,3 °С; в 2023 г. – 3403,7 °С, что оказалось достаточно для успешного развития маточников луков и получения семян.

Лук-шалот. В результате селекционного отбора все 14 сортообразцов стрелкующегося лука-шалота успевали пройти полный цикл развития и сформировать продуктивные семена со всхожестью 62–97 %, что является очень важным результатом для региона исследований.

Полноценно организованное семеноводство луков позволит увеличить объем производства посадочного материала, что особенно важно при мультипликации новых сортов.

Вегетационный период от отрастания до уборки лука-шалота варьировал по сортообразцам от 114 до 122 суток. Установлено, что на послеуборочное дозревание семян в вентилируемом помещении в зависимости от сортообразца требуется 11–31 суток. Масса

семян с одного растения составила 0,8–10,7 г по сортообразцам.

Фенотипическое разнообразие лука-шалота изученных 14 сортообразцов по форме луковицы представлено четырьмя видами: эллиптическая – 9 шт.; широко эллиптическая – 2 шт.; поперечно-эллиптическая – 1 шт.; округлая – 1 шт. Окраска сухих чешуй луковиц представлена в 4 цветах: коричневых – 2 сортообразца; розовых – 4; красных – 4; желтых – 4.

Репчатый лук. Вегетационный период до уборки семенного лука репчатого составил 121–136 суток по сортообразцам. Послеуборочное дозаривание семян составило 12–26 суток. Масса семян с одного растения составила 3,1–9,0 г по сортообразцам. Всхожесть семян варьировала от 49 % до 91 %. Всхожесть 1-ой категории от 80 % имели 7 сортообразцов, 2-ой категории не ниже 50 % имели 5 сортообразцов и только 2 сортообразца с низкой всхожестью. Биоразнообразие лука репчатого в 14 изученных и перспективных сортообразцах представлено в 6 формах луковиц, в том числе имеется сортообразец с цилиндрической формой луковицы (№-300), такая форма луковицы является новой и ее описания нет в методике оценки нового сорта на однородность и стабильность, утвержденной приказом Министерства сельского хозяйства РФ. Другие формы луковицы представлены следующие: яйцевидная – 1 сортообразец, округлая – 5, эллиптическая – 1, широко обратно яйцевидная – 2, широко эллиптическая – 2. Окраска сухих чешуй представлена в трех цветах: желтые – 5 сортообразцов, белые – 3 сортообразца, красные – 4. Установлено, что изучаемые сортообразцы репчатого лука относятся к полуострым, содержание сухого вещества от 8,91 % до 16,62 %; содержание сахаров от 7,41 % до 12,66 %. Известно, что сортообразцы с более высоким содержанием сухого вещества, обладают повышенной лежкостью, так как существует прямая зависимость между этими признаками.



Рис. 1. Перспективные сортообразцы лука репчатого в 2024 г.

Изучение фенологических фаз развития маточников луков доказывает, что клонный отбор и дальнейшее генеративное размножение дает возможность сократить вегетационный период у отдельных сортообразцов и получить полноценные семена.

Минимальный вегетационный период маточных луковиц от отрастания до уборки у лука-шалота составил 114 суток, а у лука репчатого – 121 сутки; максимальный составил у лука-шалота 122 суток и 136 суток у лука репчатого. Однако послеуборочное дозаривание у лука-шалота по сортообразцам было длиннее 11–31 суток, чем у лука репчатого 12–

26 суток.

В результате проведенных исследований были выделены сортообразцы стрелкующегося лука-шалота и репчатого лука, способные производить репродуктивные семена в условиях Кировской области на Северо-Востоке Европейской части РФ, что доказывает возможность создания новых сортов стрелкующегося лука-шалота и репчатого лука с репродуктивными семенами при селекционном процессе и семеноводстве.

**ОЦЕНКА ВИДОВОГО И РАЗНОВИДОВОГО СОСТАВА РОДА *TRITICUM* L.
КОЛЛЕКЦИИ НИЦ «СТАВРОПОЛЬСКАЯ СЕЛЕКЦИОННО-
СЕМЕНОВОДЧЕСКАЯ СТАНЦИЯ» С ЦЕЛЬЮ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ
В СЕЛЕКЦИОННОМ ПРОЦЕССЕ**

В. В. Мясоедов

Ставропольский государственный аграрный университет, Ставрополь, Россия,

**EVALUATION OF THE SPECIES AND INTERSPECIES COMPOSITION OF THE
TRITICUM L. COLLECTION AT STAVROPOL BREEDING AND SEED PRODUCTION
STATION FOR USE IN THE BREEDING PROCESS**

V. V. Myasoedov

Stavropol State Agrarian University, Stavropol, Russia, miasoiedov.vitia@mail.ru

Успешная селекционная работа в любой географической точке, начинается со скрининга видового, разнородного и морфотипового состава местной флоры. Основными разновидностями *Triticum aestivum* L., исконно произрастающими на Северном Кавказе, принято считать: var. *caesium*, var. *morosovskense*, var. *nigraristatum*, var. *nigrilutescens*, var. *tanaiticum* и var. *pyrothrix*. Однако на сегодняшний день в Ставропольском крае посевные площади заняты только лишь двумя разновидностями: var. *lutescens* и var. *erythrosperrum*. Обе разновидности для данных территорий являются инвазивными (планового антропогенного характера) и обладают меньшей адаптивностью и устойчивостью к условиям местной зоны рискованного земледелия, в совокупности влияя на урожайность и качество основной сельскохозяйственной культуры на Ставрополье.

Проведя оценку существующих сортов *T. aestivum* в Государственном реестре селекционных достижений РФ, можно сделать вывод (рисунок), что по озимым формам основополагающее количество приходится на var. *lutescens* (59,7 %) и var. *erythrosperrum* (39,6 %), тогда как на остальные приходятся лишь незначительные 0,7 %. По яровым формам результаты несколько более воодушевляющие: var. *lutescens* (68,2 %), var. *erythrosperrum* (12,8 %), все другие (19 %). Из этих цифр видно, что основной упор в отечественной селекционной работе приходится практически лишь на две самые популярные разновидности, что явно ограничивает пределы возможных научных достижений. А ведь Россия – огромная страна, с большим количеством климатических зон и территорий с историческими генотипами, присущими каждой конкретной местности.

В коллекции НИЦ «СССС» доля разнородного состава существенно выше и насчитывает 15 разновидностей, с менее выраженным процентным дисбалансом (см. рисунок). На станции ведется комплексная внутривидовая и межвидовая гибридизация, в том числе с местными формами. Это, мы уверены, позволит полнее использовать генетический потенциал вида.

Нами была учтена урожайность и получены данные измерений показателей, косвенно влияющих на качество: соотношение длины к ширине зерновки и ее толщина, масса 1000 семян, стекловидность, цвет зерна. Анализ результатов по разновидностям позволяет точнее оценить и сильнее раскрыть возможности роста продуктивности пшеницы.

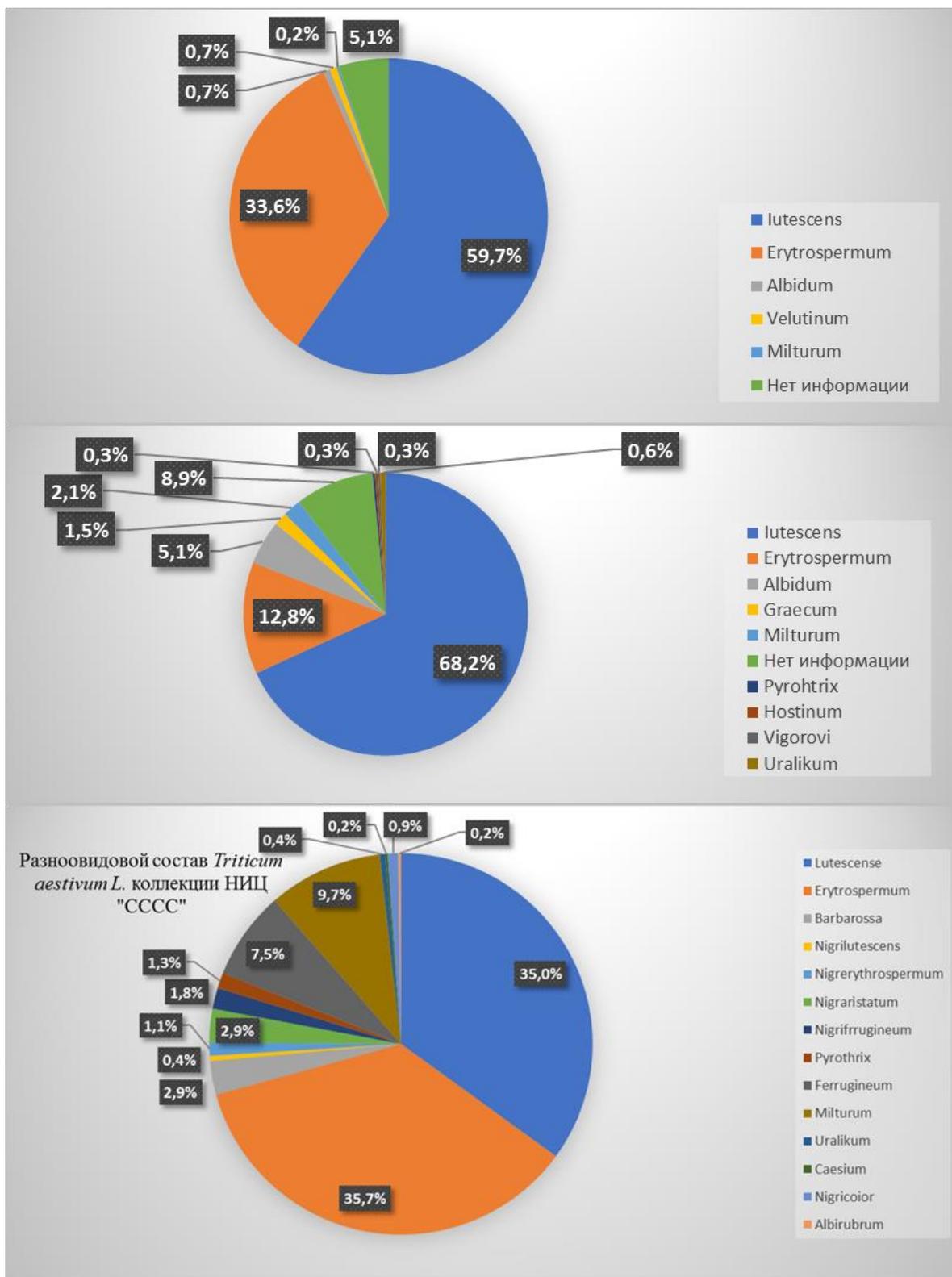


Рисунок. Процентное соотношение разновидностей сортов *Triticum aestivum* L. в Государственном реестре селекционных достижений РФ и в коллекции образцов НИЦ «СССС» по состоянию на сентябрь 2024 г.

ИЗУЧЕНИЕ ГЕНОВ *OsGATA* ОБРАЗЦОВ РИСА (*ORYZA SATIVA* L.) КОЛЛЕКЦИИ ВИР С ЦЕЛЬЮ ДАЛЬНЕЙШЕГО РЕДАКТИРОВАНИЯ ГЕНОМА

Е. А. Нестерова¹, А. В. Поваляев², К. Н. Горбунова¹, Н. А. Швачко¹

¹ Федеральный исследовательский центр Всероссийский институт генетических ресурсов растений имени Н.И. Вавилова (ВИР), Санкт-Петербург, Россия, ea.nesterova@vir.nw.ru

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

STUDYING THE *OsGATA* GENES IN RICE (*ORYZA SATIVA* L.) ACCESSIONS FROM THE VIR COLLECTION FOR FURTHER GENOME EDITING

E. A. Nesterova¹, A. V. Povalyaev², K. N. Gorbunova¹, N. A. Shvachko¹

¹ N.I. Vavilov All-Russian Institute of Plant Genetic Resources (VIR), St. Petersburg, Russia, ea.nesterova@vir.nw.ru

² St. Petersburg State University of Veterinary Medicine, St. Petersburg, Russia

Рис посевной (*Oryza sativa* L.) – ценная зерновая культура, которой питается более половины человечества. Важнейшей задачей производства риса является повышение его урожайности и устойчивости путем совершенствования технологии возделывания и использования новых высокопродуктивных сортов. Реакция на стресс растений определяется выработкой фитогормонов, которая модулируется генами и транскрипционными факторами (ТФ). Одним из таких семейств ТФ являются GATA-факторы. У растений мотивы ДНК GATA участвуют в светозависимом и нитратзависимом контроле транскрипции. В свою очередь нокаут генов имеет решающее значение для обратной генетики и изучения функций генов. Изучение GATA-факторов риса с помощью технологии CRISPR/Cas является актуальным, как с фундаментальной (для выяснения локализации и функций генов), так и с прикладной (для создания устойчивых сортов с повышенной урожайностью) точек зрения. Для изучения возможных аллельных отличий в структуре генов *OsGATA* были сконструированы праймеры к генам интереса из числа *OsGATA1*, *OsGATA13*, *OsGATA15*, *OsGATA21* и *OsGATA28*. Опыты проводились на образцах риса (*indica* и *japonica*) из коллекции генетических ресурсов растений ВИР. Выборка состояла из образцов, контрастных по изучаемым признакам. Наиболее интересные результаты показало изучение генов *OsGATA21* и *OsGATA28*. ПЦР участка гена *OsGATA21* с последующим электрофорезом выявили аллельные различия у образцов под номерами 6 и 61 в сравнении с другими образцами. Номерами 6 и 61 отмечены сорт № 66 (*japonica*, низкорослый, позднеспелый) и селекционный сорт N 40 (*japonica*, раннеспелый), соответственно (рисунок). Также были выявлены аллельные отличия в участке гена *OsGATA28* у изученных образцов выборки в сравнении с референсным геномом сорта Nipponbare из базы данных NCBI. Предположительно, в участках, комплементарных праймерам, имеются делеции или инсерции, что и планируется изучить в дальнейшем при помощи секвенирования.

Таким образом, изучение генов, кодирующих ТФ GATA, с целью дальнейшего геномного редактирования с использованием технологии CRISPR/Cas является перспективным направлением для получения новых ценных линий риса с повышенной урожайностью и устойчивостью к климатическим факторам среды.

Работа выполнена в рамках государственного задания согласно теме НИР № 15Н0481-2022-0007 «Выявление новых генетических маркеров селекционно значимых свойств и новых аллельных вариантов хозяйственно ценных генов в генофонде культурных растений и их диких родичей при помощи геномных и постгеномных технологий».

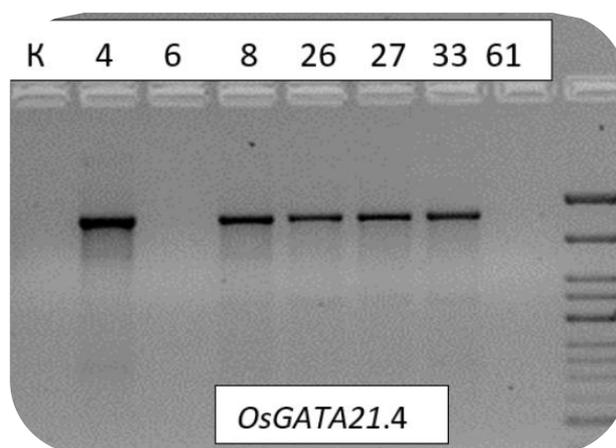


Рисунок. Электрофореграмма продуктов амплификации к участку гена *OsGATA21*. В качестве ДНК-маркера использовался Step 50 plus компании Biolabmix®. К – контроль, 4, 6, 8, 26, 27, 33, 61 – образцы риса из коллекции ВИР

ХАРАКТЕРИСТИКА ЯРОВОЙ МЯГКОЙ ПШЕНИЦЫ КОЛЛЕКЦИИ ВИР ПО АЛЛЕЛЬНОМУ СОСТАВУ ГЕНОВ *Vrn1*

А. Р. Нигамадьянов^{1,2}, И. В. Поротников³, К. А. Волков³, О. Ю. Антонова³
Адыгейский государственный университет, Майкоп, Россия, angelofwars59@gmail.com.
Уральский федеральный аграрный научно-исследовательский центр Уральского
отделения Российской академии наук (УрФАНИЦ УрО РАН), Уральский научно-
исследовательский институт сельского хозяйства – филиал УрФАНИЦ УрО РАН,
Екатеринбург, Россия
Федеральный исследовательский центр Всероссийский институт генетических ресурсов
растений имени Н.И. Вавилова (ВИР), Санкт-Петербург, Россия

CHARACTERIZATION OF SPRING BREAD WHEAT FROM THE VIR COLLECTION ACCORDING TO THE ALLELIC COMPOSITION OF THE *Vrn1* GENES

A. R. Nigamadyanov^{1,2}, I. V. Porotnikov³, K. A. Volkov³, O. Yu. Antonova³
¹ Adyghe State University, Maikop, Russia, angelofwars59@gmail.com
² Ural Federal Agrarian Research Center of the Ural Branch of the Russian Academy of Sciences (UrFARC UrB RAS), Ural Research Institute of Agriculture – branch of the UrFARC UrB RAS, Yekaterinburg, Russia
³ N.I. Vavilov All-Russian Institute of Plant Genetic Resources (VIR), St. Petersburg, Russia

Широкий адаптивный потенциал полиплоидной пшеницы, в частности мягкой пшеницы *Triticum aestivum* L. ($2n = 6x = 42$ ВВААDD), во многом обусловлен аллельным состоянием генов, отвечающих за тип развития. По типу развития виды пшеницы подразделяют на три группы: яровые (для перехода к колошению не требуется воздействия низкими температурами), озимые (необходима яровизация) и факультативные (промежуточный тип). Основную роль в регуляции типа развития пшеницы обеспечивают гены локуса *Vrn1* (response to vernalization), представленные у мягкой пшеницы тремя гомеологичными копиями генов *Vrn-A1*, *Vrn-B1* и *Vrn-D1*. Наличие хотя бы одного доминантного аллеля данных генов обуславливает яровой тип развития, а генотипы, гомозиготные по рецессивным аллелям генов *Vrn1*, – озимый тип развития. Среди яровых форм мягкой пшеницы наибольшее распространение получили доминантные аллели *Vrn-A1a*, *Vrn-B1a* и *Vrn-D1*. Каждый из этих аллелей, а также их комбинации по-разному влияют на сроки перехода к фазе колошения, что позволяет подбирать необходимые генотипы с нужным сочетанием аллелей для определенных условий произрастания. Коллекция мягкой пшеницы ВИР насчитывает большое число яровых форм, разнообразных по географическому происхождению. Многие из них могут быть ценными источниками доминантных аллелей генов *Vrn1*. Поэтому актуальной задачей является характеристика коллекции пшеницы ВИР по аллельному составу генов *Vrn-A1*, *Vrn-B1* и *Vrn-D1* с целью выделения ценных источников с различными комбинациями доминантных аллелей.

Аллельный состав генов семейства *Vrn1* определяли у 80 образцов яровой мягкой пшеницы, происходящих из 24 стран, из которых значительное число (24) образцов было из России. В качестве контролей использовали следующие образцы пшеницы с известным аллельным составом *Vrn1* генов:

– четыре образца мягкой пшеницы Chinese Spring, к-44435 (*vrn-A1*, *vrn-B1*, *Vrn-D1*); Рыбинская 127, к-60536 (*Vrn-A1a*, *Vrn-B1a*, *vrn-D1*); Обская 14, к-64363 (*Vrn-A1a*, *Vrn-B1c*, *vrn-D1*); Prepoid, к-60582 (*Vrn-A1a*, *Vrn-B1b*, *vrn-D1*);

– два образца твердой пшеницы: Zenati 368, к-34811 (*Vrn-A1b*, *Vrn-B1*); Харьковская 39 (*Vrn-A1c*, *Vrn-B1c*).

Для каждого образца была взята суммарная проба (bulk-проба), включающая 10–15 растений. Дифференциацию аллелей генов *Vrn-A1* (рецессивный аллель *vrn-A1*, а также доминантные аллели *Vrn-A1a*, *Vrn-A1b*, *Vrn-A1c*), *Vrn-B1* (*vrn-B1* и *Vrn-B1a*, *Vrn-B1b*, *Vrn-B1c*) и *Vrn-D1* (*vrn-D1* и *Vrn-D1*), определяли с помощью внутригенных маркеров, взятых из литературных источников (Yan et al., 2004; Fu et al., 2005; Guo et al., 2015; Muterko et al., 2016):

1) для *Vrn-A1* три маркера (VRN1AF+VRN-INT1R, *Vrn-A1*-intr_F+*Vrn-A1*-intr_R1, Ex1/C/F+Intr1/A/R3); 2) один для *Vrn-B1* (Ex1/C/F+Intr1/B/R3+Intr1/B/R4); 3) один для *Vrn-D1* (NID/F+NID/R1+NID/R2).

Молекулярный скрининг показал наличие хотя бы одного доминантного аллеля *Vrn1* практически у всех исследованных генотипов яровой мягкой пшеницы. Наиболее распространенными аллелями, детерминирующими яровой тип развития, были *Vrn-A1a* (54,8%), *Vrn-B1a* (43,3%) и *Vrn-D1* (41,7%). Довольно часто встречался аллель *Vrn-B1b* (14,4%), остальные аллели были либо редкими – *Vrn-A1b*, *Vrn-B1c* (по 4,8%), либо уникальными – *Vrn-A1c*. Исключение составили образцы к-23806, к-52950 и к-62178, генотипы которых оказались рецессивными гомозиготами по всем трем генам *Vrn1*. По-видимому, яровой тип развития данных образцов детерминирован другими аллелями генов *Vrn1*.

Всего в выборке было выявлено 18 комбинаций аллелей генов *Vrn-A1*, *Vrn-B1* и *Vrn-D1*. Наиболее распространенные комбинации представлены на рисунке, номера комбинаций даны в порядке убывания их встречаемости: комбинация #1 встречалась у 22,2% генотипов, #2 – 18,2%; #3 – 13,1%; #4 – 9,1%. Показано, что для Российских образцов, как правило, характерны комбинации #1, #3 и #4 с доминантными аллелями *Vrn-A1a* и *Vrn-B1a*. Встречаемость яровых образцов с комбинацией #2 как правило выше в странах Азии, где распространены сорта с доминантными аллелями гена *Vrn-D1*.

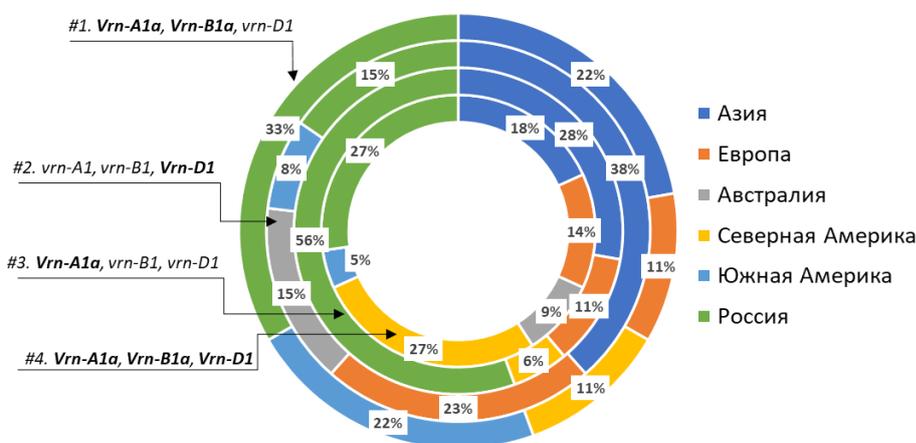


Рисунок. Географическая приуроченность генотипов яровой мягкой пшеницы с различными комбинациями аллелей генов *Vrn1*.

Таким образом, выборка 80 образцов яровой мягкой пшеницы коллекции ВИР была структурирована по аллельному составу генов *Vrn1*. Выделены образцы с различными комбинациями доминантных и рецессивных аллелей, что открывает перспективы для дальнейших селекционных программ.

Работа выполнена в рамках государственного задания согласно тематическому плану ВИР по проекту № FGEM-2022-0008.

ПИТАТЕЛЬНАЯ ЦЕННОСТЬ ОБРАЗЦОВ *VIGNA UNGUICULATA* (L.) WALP. С РАЗНОЙ ОКРАСКОЙ СЕМЯН

А. А. Никифоров, М. О. Бурляева, И. Н. Перчук, Е. А. Крылова, В. С. Попов
Федеральный исследовательский центр Всероссийский институт генетических ресурсов
растений имени Н.И. Вавилова (ВИР), Санкт-Петербург, Россия,
artur.nikiforov.2000@mail.ru

NUTRITIONAL VALUE OF *VIGNA UNGUICULATA* (L.) WALP ACCESSIONS WITH DIFFERENT SEED COLORS

A. A. Nikiforov, M. O. Burlyueva, I. N. Perchuk, E. A. Krylova, V. S. Popov
N.I. Vavilov All-Russian Institute of Plant Genetic Resources (VIR), St. Petersburg, Russia,
artur.nikiforov.2000@mail.ru

Вигна (*Vigna unguiculata* L.) ценится за высокие вкусовые качества семян и бобов и используется в пищу во многих странах мира. Культура характеризуется устойчиво высоким содержанием белка до 38,5 % и крахмала до 56,6 % в семенах, повышенными показателями биологически активных соединений и других ценных веществ (Павлова, 1959, 1964; Perchuk et al., 2020). Бобы и семена этого вида применяются в различных диетах и популярны как продукты здорового, диетического и лечебного питания. Кроме того, вигна используется как альтернативный источник растительного белка для людей, страдающих аллергической реакцией на соевый белок (Frota et al., 2008).

Целью работы являлось определение питательной ценности семян образцов вигны из коллекции ВИР разного эколого-географического происхождения, имеющих разную окраску семенной кожуры.

Для исследования были подобраны 39 образцов из Африки (Бенина, Бурунди, Нигерии, Сомали, Танзании, Мадагаскара), Евразии (Абхазии, Вьетнама, Дании, Индии, Ирана, Казахстана, Лаоса, Пакистана, Португалии, России, Таджикистана, Таиланда, Узбекистана, Филиппин, Франции), Америки (Венесуэла, Кубы, Мексики, США) и Австралии. В выборку включили семена белого, бежевого, бежевого с черной точечностью, вишневого, черного, красно-коричневого цветов, а также семена с черным и серым пятном вокруг рубчика.

Семена предварительно измельчали на лабораторной мельнице до состояния мелкодисперсной муки с размером частиц до 10 мкм. Из однородной средней пробы брали навески муки на биохимический анализ, который проводили в отделе биохимии и молекулярной биологии по методикам, принятым в ВИР (Ermakov et al., 1987). Содержание антоцианов в семенах определяли спектрофотометрическим методом (пересчитывали на цианидин-3,5-дигликозида, коэффициент 453) по методике Wu et al. (2006); содержание белка – по Кьельдалю (коэффициент пересчета азота на белок 6,25); крахмала – по Эверсу (коэффициент пересчета 174,7). Все значения выражали на сухое вещество.

Среднее содержание общего белка в семенах составило 25,2 % и варьировало в пределах 18,8–30,5 %. По итогам дисперсионного анализа достоверной ассоциации между содержанием белка и происхождением образца, а также окраской семенной кожуры выявлено не было. Наибольшее среднее содержание белка в семенах было у к-567 (Индия) и к-133 (Россия), наименьшее – у к-1403 (Филиппины) и к-337 (Мексика).

По содержанию крахмала в семенах наблюдались высокие показатели практически у всех образцов, среднее значение равнялось 50,1 %, диапазон варьирования – 42,6–57,1 %. Происхождение образца достоверно влияло на содержание крахмала в семенах ($F(9;38) = 4,3$, при $p = 0,01$). Между окраской семян и содержанием крахмала ассоциация

не отмечалась. Самые высокие средние значения были у к-1249 (США) и к-337 (Мексика), низкие – у к-1110 (Австралия) и к-1738, сорт Сибирский размер (Россия).

Диапазон варьирования количества антоцианов в семенах был достаточно широк, от 1,2 до 511,4 мг% (рисунок). В среднем их содержание в семенах составляло 39,5 мг%. Наиболее высокие показатели были у семян с черной окраской (93,4–511,4 мг%), меньшие – у бежевых с черной точечностью (6,9–14,0 мг%) и у белых с черным пятном вокруг рубчика (2,1–17,9 мг%), самые низкие – у белых и белых с серым пятном у рубчика (1,2–2,0 мг%). Вишневые (5,3–8,9 мг%) и красно-коричневые (3,3–8,7 мг%) семена характеризовались также небольшим содержанием антоцианов. Видимо, у образцов с вишневым и бежевым цветом семенной кожуры окраска обусловлена не антоцианами, а иными веществами, что требует продолжения исследований. Дисперсионный анализ показал достоверное влияние окраски семенной кожуры на содержание антоцианов ($F(10;38) = 14,3$, при $p = 0,00$). Однако не выявил ассоциации между количеством антоцианов и происхождением образца. По содержанию антоцианов выделились черносемянные образцы к-1355 (Вьетнам) и к-1738, сорт Сибирский размер (Россия). Низкими показателями по этому признаку характеризовались белосемянные к-1352 (Венесуэла) и к-1660 (Франция).

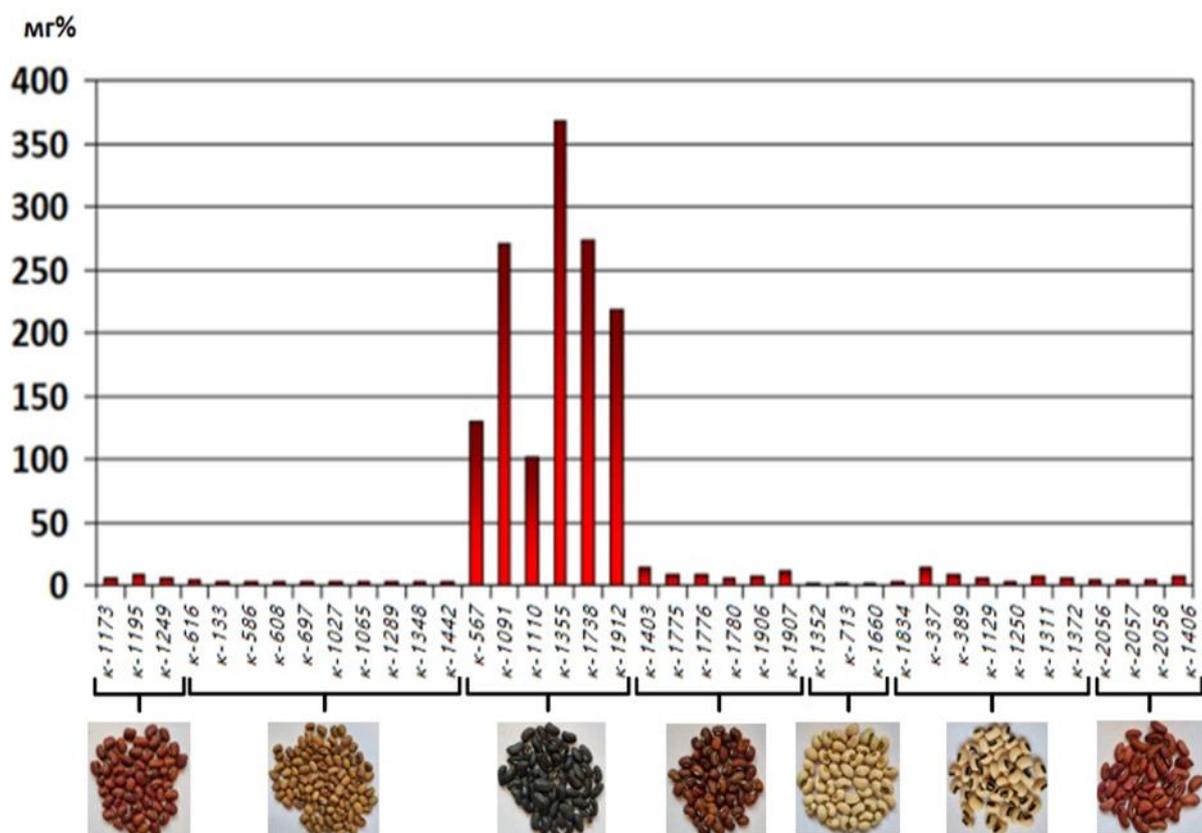


Рисунок. Содержание антоцианов в семенах вигны с разной окраской семенной кожуры

В результате нашего исследования были выделены образцы с высоким содержанием белка (30,5 %) к-567 (Индия) и к-133 (Россия), крахмала (57,1 %) – к-1249 (США) и к-337 (Мексика), антоцианов – к-1355 (Вьетнам) и к-1738, сорт Сибирский размер (Россия).

ОЦЕНКА РЕАКЦИИ ГЕНОФОНДА ВИДА *BRASSICA RAPA* L. НА ЗАРАЖЕНИЕ СОСУДИСТЫМ БАКТЕРИОЗОМ *XANTHOMONAS CAMPESTRIS* (PAMMEL) DOWSON

Г. С. Огудин, Д. Л. Корнюхин, А. М. Артемьева

¹ Федеральный исследовательский центр Всероссийский институт генетических ресурсов растений имени Н.И. Вавилова (ВИР), Санкт-Петербург, Россия, gregory.oogudin@gmail.com

ASSESSMENT OF THE *BRASSICA RAPA* L. GENE POOL'S RESPONSE TO THE INFECTION WITH BLACK ROT (*XANTHOMONAS CAMPESTRIS* (PAMMEL) DOWSON)

G. S. Ogudin, D. L. Korniyukhin, A. M. Artemyeva

¹ N.I. Vavilov All-Russian Institute of Plant Genetic Resources (VIR), St. Petersburg, Russia, gregory.oogudin@gmail.com

Коллекция капустных культур семейства Brassicaceae Burnett ВИР содержит 10 997 образцов из 98 стран мира, включает представителей 11 родов и 32 видов. 30–50 % составляют уникальные образцы. Овощные культуры вида репа *Brassica rapa* L. содержат 1700 образцов листовых и корнеплодных культур.

Овощные культуры вида играют важную роль в мировой экономике. В России большая часть из них относится к малораспространенным культурам, но в настоящее время интерес к ним стремительно возрастает благодаря их ценному биохимическому составу, что особенно важно в современных условиях, когда люди стремятся употреблять в пищу суперпродукты с высоким содержанием ценных соединений без применения пестицидов.

Сосудистый бактериоз (черная гниль) является вредоносным заболеванием, которое поражает овощные культуры вида *B. rapa* на всех фазах их развития. Замедляя рост растений вследствие поражения сосудистой системы, заболевание вызывает недоразвитие и, при высокой степени поражения, гибель растений. В годы эпифитотий потери урожая могут достигать 70 %. Важной особенностью является резкое (до 10 раз) возрастание вредоносности в период хранения овощной продукции за счет массового образования бактериальной гнили. Сосудистый бактериоз также поражает семенники, затрудняет семеноводство и получение здорового семенного материала.

Возбудитель *Xanthomonas campestris* pv. *campestris* (Pam.) Dows. относится к бактериям-космополитам и имеет широкий ареал обитания вследствие распространения путем пораженного семенного материала. Известны 9 рас патогена (Игнатов, 2006). В России распространены преимущественно 1, 3 и 4 расы. Наиболее эффективным методом защиты от сосудистого бактериоза считается создание устойчивых сортов. Таким образом, поиск источников и доноров устойчивости и раскрытие естественных механизмов защиты растений является актуальным.

Целью данной работы является оценка реакции генофонда *B. rapa* на заражение 1 (PHW231) и 4 (HRI1279a) расами возбудителя и выделения источников устойчивости. Рабочая коллекция состояла из 121 образца, репрезентативно отражала разнообразие вида, включая представителей пекинской, китайской, японской, розеточной капусты, листовой и корнеплодной репы. Искусственное заражение и оценку устойчивости растений проводили в весенне-летний период (март – июль) 2024 г. в лабораторных условиях по методике А. Н. Игнатова (2013). Выявлены 14 устойчивых к обеим расам возбудителя образцов пекинской, китайской, японской капусты и корнеплодной репы, из которых заложены линии для вовлечения в селекционный процесс с целью получения устойчивых к сосудистому бактериозу сортов.

ОЦЕНКА КОЛЛЕКЦИИ ГЕНЕТИЧЕСКИХ РЕСУРСОВ ВИР СЕМЕЙСТВА АМАРАНТОВЫЕ В УСЛОВИЯХ ЛЕСОСТЕПНОЙ ЗОНЫ АЛТАЙСКОГО КРАЯ

К. С. Панченко, М. М. Силантьева

Алтайский государственный университет, Барнаул, Россия, kseniya.potapova.00@yandex.ru

EVALUATION OF VIR'S COLLECTION OF AMARANTHACEAE GENETIC RESOURCES UNDER THE CONDITIONS OF THE FOREST-STEPPE ZONE IN ALTAI TERRITORY

K. S. Panchenko, M. M. Silantieva

Altai State University, Barnaul, Russia, kseniya.potapova.00@yandex.ru

В течение вегетационного периода 2024 года в условиях лесостепной зоны Алтайского края проведен анализ видового и сортового разнообразия некоторых хозяйственно ценных представителей семейства Амарантовые. Из мировой коллекции ВИР получены и изучены: 4 сорта шпината (*Spinacia oleracea* L.); 6 сортов столовой, кормовой и сахарной свеклы (*Beta vulgaris* L. subsp. *vulgaris*); 2 сорта мангольда (*Beta vulgaris* L. subsp. *cicla*); 4 вида амаранта различного происхождения (*Amaranthus cruentus* L., *A. hybridus* L. convar *erythrost.*, *A. caudatus* L., *A. tricolor* L.).

Целью исследования являлась оценка селекционных признаков свеклы, шпината и амаранта и выделение среди них наиболее продуктивных, скороспелых и хозяйственно ценных представителей для выращивания в условиях лесостепной зоны Алтайского края. В основу экспериментальной работы положены методики проведения испытаний на отличимость, однородность и стабильность перечисленных культур ФГБУ «Госсорткомиссии». Для описания коллекции свеклы дополнительно использовался «Широкий унифицированный классификатор СЭВ и международный классификатор СЭВ рода *Beta* L.» (1982). Анализ содержания нитратов в свежих листьях шпината проводили с помощью нитрат-тестера СОЭКС (модель: НУК-019-1). Количественное определение пигмента хлорофиллов *a* и *b* проводили методом спектрофотометрии (модель: ПЭ-5400УФ) при длинах волн 649, 654, 665 нм. По полученным данным определяли концентрацию $C_{\text{хл а}}$ и $C_{\text{хл б}}$ по уравнениям в мг/л (Wintermans, De motts, 1965) и их содержание в исследуемом материале с учетом объема вытяжки и навески пробы (Туманов, Чирук, 2007).

Посев шпината проведен 5 мая. Первые всходы сортов ‘Однолистный местный’ и ‘Viroka’ появились на 5 день и были более дружными. Период до технической спелости (6–8 листьев) у этих растений составил 30 дней. При этом шпинат сорта ‘Однолистный местный’ неустойчив к «стрелкованию» и на 9 июня большое количество экземпляров находились в стадии бутонизации. В остальных вариантах опыта всходы появились на 7–8 день. Срок до возможной уборки урожая у сортов ‘Жирнолистный’ и ‘Ратник’ составил 32–33 дня. Данные сорта несмотря на неблагоприятные метеорологические условия устойчивы к раннему «стрелкованию».

В свежих листьях шпината на всем протяжении вегетации содержание нитратов не превышало минимально допустимых значений ПДК. Содержание хлорофилла *a* в листьях колебалось от 0,634 до 0,850 мг на 1 г свежего веса, содержание хлорофилла *b* менялось от 0,218 до 0,290 мг/г. Наибольшее соотношение хлорофилла *a/b* отмечено у сорта ‘Ратник’ и составило 3,89, минимальное – у ‘Однолистного местного’ (2,36).

После минования угрозы возвратных заморозков 19 мая проведен посев свеклы, всходы появились через 7–10 дней. Изучаемые сорта столовой свеклы являются раннеспелыми, технической зрелости достигли через 80 дней. Корнеплоды сорта ‘Рубиновая королева’ имели высокую устойчивость к церкоспорозу и большой вес (254,8 г), чем сорта ‘Приморская цилиндрическая’ (219,7). Среди кормовых и сахарных сортов свеклы следует выделить ‘Lyserod Marienlyst’ датской селекции с массой одного экземпляра

450,85 г и 'ST 13001 F1' германского происхождения массой 405 г. Мангольд мексиканского происхождения 'Fordnooir gigante' с зелеными листовыми поверхностями и черешком сформировал более мощную корневую систему (237,3 г/1 экз.), но небольшую розетку листьев (0,468 г/1 экз.). Масса продуктивной части мангольда 'Рубин' с зелеными листьями и красными черешками составила 0,741 г/1 экз. Оба сорта относятся к среднеспелым, и первую срезку можно проводить на 40–45 день.

Посев амаранта произведен 3 июня, всходы появились на 6–7 день. Для данной культуры важными селекционными признаками являются скороспелость, урожайность, низкорослость и холодо-, засухоустойчивость. Варианты, наиболее удовлетворяющие запрос, являются сорта амаранта метельчатого российского (ПК-318, 'Франт') и бразильского (ПК-391) происхождения, а также амарант темный из Мексики (ПК-429). Период от появления всходов до массового цветения составлял 60–65 дней, до периода созревания семян – 95–100 дней. Средняя высота растений амаранта метельчатого ПК-318 (Россия) на момент уборки составляла 190 см, амаранта темного ПК-429 (Бразилия) – 146 см. Наименьшей из перечисленных сортов была высота амаранта метельчатого ПК-391 (Мексика) – 119 см. Несколько уступал по срокам созревания самый высокорослый из исследуемых видов – амарант гибридный (ПК-96, Германия). Фаза бутонизации наступала на 93–95 день от первых всходов, семена созревали на 105–110 день. Растения в среднем достигали 223 см. Амарант хвостатый германского происхождения (ПК-146) был крайне неустойчивым к вредоносным насекомым и плесневым грибам. Вид поражен личинками долгоносика и подурами. Амарант трехцветный (ПК-168, Непал) и амарант хвостатый греческого происхождения (ПК-150) имеют слишком длинный вегетационный период и не успели сформировать семян до первых заморозков, их выращивание в местных условиях нецелесообразно.

Выделенные образцы семейства Амарантовые являются ценным исходным генетическим материалом для селекции по ряду хозяйственно ценных признаков, что позволит рекомендовать их для возделывания и селекционных работ при создании нового гибридного материала, адаптированного к условиям лесостепной зоны Алтайского края.

ВВЕДЕНИЕ ОБРАЗЦОВ РИСА (*ORYZA SATIVA* L.) КОЛЛЕКЦИИ ВИР В *IN VITRO* С ЦЕЛЬЮ ИНДУКЦИИ КАЛЛУСООБРАЗОВАНИЯ

А. В. Поваляев¹, Е. А. Нестерова², К. Н. Горбунова², Н. А. Швачко²

¹ Санкт-Петербургский государственный университет ветеринарной медицины, Санкт-Петербург, Россия, sascha.povaliaeff@mail.ru

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

INTRODUCTION OF RICE (*ORYZA SATIVA* L.) ACCESSIONS FROM THE VIR COLLECTION INTO *IN VITRO* CULTURE TO INDUCE CALLUS FORMATION

A. V. Povalyaev¹, E. A. Nesterova², K. N. Gorbunova², N. A. Shvachko²

¹ St. Petersburg State University of Veterinary Medicine, St. Petersburg, Russia, sascha.povaliaeff@mail.ru

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

Рис (*Oryza sativa* L.) – одна из важнейших сельскохозяйственных культур, обеспечивающая продовольственную безопасность и являющаяся основой питания для миллиардов людей во всем мире. Методы *in vitro* помогают исследовать и создавать новые сорта риса, используя генетическое редактирование и стимуляцию клеточного деления, включающие разные методы клеточной культуры.

Основное внимание в этой области уделяется индукции каллусообразования – процессу, при котором клетки растения способны образовывать каллус, который в дальнейшем регенерируют в новые растения. Однако у посевного риса subsp. *indica* существуют определенные сложности при работе в условиях *in vitro* – меньший процент индукции каллусообразования, который может быть связан как с генетическими особенностями, так и с условиями выращивания. Преодоление данной проблемы является задачей проводимого исследования.

В нашем исследовании для введения культуры посевного риса subsp. *indica* и *japonica* в условиях *in vitro* использовались 8 вариантов сред на основе сред Мурасиге – Скуга (МС), Гамборга (Gamborg B5) и CHU (№ 6), с добавлением фитогормонов: 2,4-D, НУК, 6-БАП, кинетин, а также гидролизата казеина и пролина как источников азота. Всего было апробировано 8 вариантов сред. Для индукции каллусообразования в среды вносили стерилизованные семена, предварительно замочив их на 1 час в стерилизованной воде. Закрывали баночки со средой и семенами пленкой Parafilm™. В ходе исследования начало каллусообразования характеризовалось отсутствием прорастания корня и наростом на семени (рисунок).

Таким образом, новейшие достижения в области введения риса в асептические условия *in vitro* открывают перспективы для создания новых устойчивых сортов риса с высокой урожайностью и качеством зерна.

Работа выполнена в рамках государственного задания согласно теме НИР № 15Н0481-2022-0007 «Выявление новых генетических маркеров селекционно значимых свойств и новых аллельных вариантов хозяйственно ценных генов в генофонде культурных растений и их диких родичей при помощи геномных и постгеномных технологий».



Рисунок. Проросшие семена риса, введенные в *in vitro*, с использованием матричной среды на основе МС (Мурасиге – Скуга) с добавлением сахарозы (30 г/л), бактериологического агар-агара 5 (г/л), пролина (0,224 г/л), а также фитогормонов – 2,4-дихлорфеноксиуксусной кислоты (0,8 мг/л) и кинетина (0,4 мг/л), для индукции каллусообразования

ЯРОВЫЕ ПШЕНИЧНО-ПЫРЕЙНЫЕ ГИБРИДЫ (НА ПРИМЕРЕ КОМБИНАЦИИ f11814 × ППГ107)

А. А. Погост¹, Т. С. Вайншенкер², А. Д. Аленичева¹, И. Н. Клименкова¹,
П. О. Лошакова¹

¹ Главный ботанический сад им. Н.В. Цицина Российской академии наук, Москва, Россия, info@gbsad.ru

² Библиотека по естественным наукам Российской академии наук, Москва, Россия

SPRING WHEAT-WHEATGRASS HYBRIDS (A CASE STUDY OF THE COMBINATION f11814 × WWH107)

A. A. Pogost¹, T. S. Wineshenker², A. D. Alenicheva¹, I. N. Klimenkova¹, P. O. Loshakova¹

¹ Tsitsin Main Botanical Garden of RAS, Moscow, Russia, info@gbsad.ru

² Library for Natural Sciences of the Russian Academy of Sciences, Moscow, Russia

Главный Ботанический сад РАН проводит работу по расширению генетического разнообразия яровой мягкой пшеницы путем интрогрессии в ее геном наследственного материала пырея. В качестве «мостиков» используются перспективные для селекции гибриды, полученные в результате скрещивания × *Trititrigia cziczinii* Tsvet. с *Elymus farctus* (Viv.) ex Melderis (*Thinopyrum junceum* (L.) Á.Löve). В нашем случае это озимое растение f11814. Образец является потомком полного 63-хромосомного гибрида, содержит 42 хромосомы мягкой пшеницы и 14 хромосом пырея, является нуллибА-тетра 6D-сомиком и, очевидно, может быть отнесен к гибриднему роду × *Trititrigia*. Образец является источником высокого качества зерна (Лошакова и др., 2020) и в изучаемой комбинации является материнским растением.

ППГ107 – яровой пшенично-пырейный гибрид, созданный в отделе отдаленной гибридизации ГБС РАН. В его кариотипе 42 хромосомы, по хозяйственным свойствам аналогичен пшенице и имеет высокое качество зерна. В рассматриваемой комбинации является опылителем. Изучаемая комбинация представляется весьма перспективной для селекции пшеницы с высоким качеством зерна.

Гибриды получены в 2015 г. В данной работе приводятся результаты изучения седьмого поколения (F₇) 22 образцов урожая 2022 г. Количество белка, клейковины и стекловидность гибридных зерновок определяли с помощью экспресс-анализатора Инфра-ЛЮМ-ФТ-10, показатель седиментации – с помощью модифицированного метода Зелени. Массу 1000 зерен – по ГОСТ ИСО 520-2014. Зерновые и бобовые. Определение массы 1000 зерен. Урожайность определяли с 1 кв. м в сеялочном посеве. Период вегетации изучаемых образцов составляет от 90 до 110 дней. В каждом образце для 8 типичных колосьев определяли длину колоса, количество колосков в колосе, количество цветков в колоске, количество зерновок в колоске, количество зерновок в колосе. Данные приведены в таблице.

Анализируя данные таблицы, видим, что по показателю массы 1000 зерен все образцы превышают нормируемые значения (≥ 30 г). Зерно данной комбинации крупное, выполненное. Согласно ГОСТ 9353-2016 «Пшеница. Технические условия», нормируемый показатель стекловидности для мягкой пшеницы 1 и 2 класса – не менее 60 %, по этому показателю только два образца (9х и 11а) соответствуют норме. Содержание белка в пересчете на сухое вещество для мягкой пшеницы 1 и 2 класса – 14,5 % и 13,5 % соответственно. По этому показателю большинство изученных образцов (15 из 22) значительно превышают указанные нормативы. Показатель седиментации помогает на селекционном этапе определить зерно высокого качества (40–60 см³). По данному показателю выделились образцы 3а, 4а, 4б, 15б, 20х, 23х.

Таким образом, можно с уверенностью предположить, что ряд образцов (3а, 4а, 4б, 11а, 12, 14, 15б, 16, 21а и 23х) из комбинации f11814 × ППГ107 являются перспективными для селекции мягкой пшеницы на качество и урожайность.

Таблица. Период вегетации, урожайность, показатели качества зерна и морфологии колоса. Урожай 2022 г.

Наименование образца	Период вегетации, дней	Урожайность, г/м ²	Показатель седиментации, см ³	Содержание сырой клейковины, %	Стекловидность, %	Содержание белка, в пересчете на с.в., %	Длина колоса, L, см	Количество колосков в колосе, к, шт.	Количество цветков в колоске, f, шт.	Количество зерновок в колоске, gк, шт.	Количество зерновок в колосе, g, шт.	Масса 1000 зерен, при фактической влажности, г	Общая масса зерен в колосе, Мк, г	Масса зерновки, m, г
1x	95	260,4	47	31,5	54	15,82	12,3	18,6	4,4	3,9	57,3	50,0	3,0	0,05
2x	100	270,8	48	26,6	56	18,99	11,7	18,4	4,3	3,8	52,8	51,0	2,7	0,05
3а	110	222,2	39	38,8	58	17,76	9,5	16,5	4,0	3,5	41,4	47,5	2,1	0,05
3б	100	187,5	52	34,2	56	18,62	8,8	17,5	4,5	3,3	43,	46,3	2,1	0,05
4а	100	326,0	50	37,8	56	17,2	10,3	18,1	4,8	3,7	50,4	48,6	2,7	0,05
4б	90	244,0	55	30,7	56	16,28	10,0	17,9	4,5	4,0	51,9	51,3	2,8	0,05
5x	100	225,7	32	30,1	54	15,2	10,9	17,1	4,0	3,5	46,8	47,8	2,5	0,05
8x	100	156,3	37	25,1	59	17,91	11,7	19,5	4,3	3,6	53,4	48,6	2,8	0,05
9x	100	156,3	48	34,6	60	18,29	8,7	17,5	4,8	4,1	50,6	45,9	2,5	0,05
11а	100	531,9	51	35,6	60	16,07	11,1	19,8	4,5	3,5	51,8	50,0	2,8	0,05
12x	95	243,1	50	30,3	54	19,58	9,8	17,5	4,8	4,3	56,0	48,4	2,8	0,05
14b	105	156,3	41	40,0	61	19,29	11,0	19,9	3,8	2,8	40,3	49,5	2,0	0,05
15b	100	300,4	55	39,8	58	17,36	9,2	18,4	4,3	3,9	50,0	45,6	2,2	0,04
16x	90	225,7	41	32,9	54	18,44	10,6	17,3	3,9	3,3	41,4	48,1	2,1	0,05
17x	100	187,5	52	37,4	57	16,72	9,8	17,7	4,0	3,7	45,1	46,6	2,2	0,05
18x	110	156,3	38	30,8	57	16,01	11,0	19,3	4,3	3,4	46,6	49,5	2,5	0,05
19x	110	293,6	34	29,1	54	17,45	12,1	18,0	4,1	3,1	44,2	48,9	2,3	0,05
20x	110	173,6	59	34,6	53	20,08	13,1	18,4	4,8	3,7	48,1	43,7	2,4	0,05
21а	110	92,1	43	41,9	59	18,68	12,7	21,0	4,4	3,5	51,3	44,5	2,5	0,05
21b	110	156,3	42	38,0	59	18,93	11,7	20,0	4,0	3,0	41,3	46,2	2,1	0,05
23x	100	250,0	55	39,0	55	17,03	9,4	16,7	4,3	4,0	47,1	47,9	2,4	0,05
24x	105	208,3	40	32,9	59	15,82	11,1	19,0	4,4	3,9	53,5	52,6	3,0	0,05

Исследование выполняется за счет гранта Российского научного фонда № 24-26-00074, <https://rscf.ru/project/24-26-00074/>.

ПОЛУЧЕНИЕ РАСТЕНИЙ-РЕГЕНЕРАНТОВ ОВОЩНОГО ГОРОХА В КУЛЬТУРЕ *IN VITRO*

О. В. Путина¹, Р. С. Рахмангулов², Н. В. Поливара¹, Н. Н. Коваленко¹,
Ю. В. Ухатова², Е. К. Хлесткина²

¹ Федеральный исследовательский центр Всероссийский институт генетических ресурсов растений имени Н.И. Вавилова (ВИР), Крымская опытно-селекционная станция – филиал ВИР, Крымск, Россия, o.putina@vir.nw.ru, kross67@mail.ru

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

ОBTAINING REGENERATED PLANTS OF VEGETABLE PEA UNDER *IN VITRO* CULTURE CONDITIONS

O. V. Putina¹, R. S. Rakhmangulov², N. V. Polivara¹, N. N. Kovalenko¹, Yu. V. Ukhatova²,
E. K. Khlestkina²

¹ N.I. Vavilov All-Russian Institute of Plant Genetic Resources (VIR), Krymsk Experiment Breeding Station – branch of VIR, Krymsk, Russia, o.putina@vir.nw.ru, kross67@mail.ru

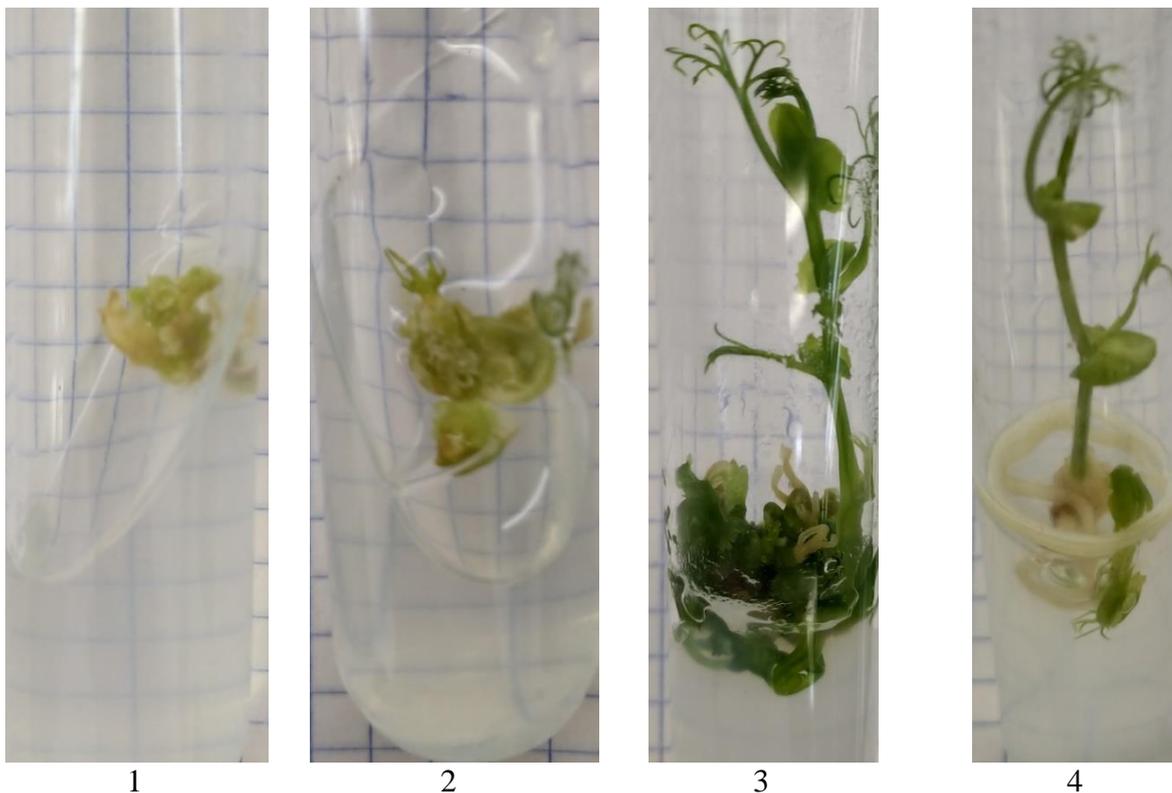
² N.I. Vavilov All-Russian Institute of Plant Genetic Resources (VIR), St. Petersburg, Russia

Представлены результаты непрерывного эксперимента по получению растений-регенерантов гороха (*Pisum sativum* L.) в культуре *in vitro* (рисунок).

Объектами исследования выбраны овощные сорта ‘Парус’ (номер каталога ВИР к-9350) и ‘Красавчик’ (к-9449) с морщинистой поверхностью семян зеленой окраски. На этапе введения в асептические условия оценивали три стерилизующих агента при обработке сухих семян и набухших. Данные фиксировали через девять суток после посадки семян на питательную среду Мураскиге – Скуга (МС) дополненную 0,5 мг/л 6-БАП. Оптимальное соотношение всхожих семян к неинфицированным получено при использовании 10-процентного раствора Белизны. Далее от выращенных растений отделяли верхушечную почку, сегмент стебля с узлом, следующим за ней без листового аппарата и первый узел. Полученные три вида эксплантов переносили на питательные среды для индукции каллуса (МСК). Среда отличалась по гормональному составу. Первый вариант содержал 2,4-Д в концентрации 2 мг/л, второй – НУК 5 мг/л, третий – ИМК 6 мг/л и 6-БАП 1 мг/л. Каллусная ткань получена во всех вариантах эксперимента. Для инициации морфогенеза тестировали модификации среды МС дополненных 1, 2,5 и 5 мг/л 6-БАП в сочетании с 0,5 мг/л ИМК. Повышение концентрации цитокинина приводило к увеличению числа каллусов образующих побеги. Индукция побегообразования чаще наблюдалась у каллусов, полученных на втором и третьем вариантах среды МСК. Сформированные побеги пересаживали на среды, содержащие ½ солей МС с добавлением 2 мг/л и 4 ИМК. Ризогенез зафиксирован во всех вариантах опыта.

Из результатов проведенного исследования следует, что при вводе в культуру *in vitro* мозговых сортов гороха необходимо использовать сухие семена, а в качестве основного стерилизующего агента применять 10-процентный раствор Белизны. Для получения каллусной ткани применять второй или третий вариант питательной среды МСК как наиболее морфогенные. Состав среды индукции побегообразования и эмбриогенеза необходимо скорректировать с целью повышения ее эффективности.

Работа выполнена при финансовой поддержке проекта РНФ № 21-66-00012.
Название проекта: «Создание с использованием генетических технологий и изучение новых линий растений, адаптированных к меняющимся условиям окружающей среды, обладающих повышенной продуктивностью и диетической ценностью».



1
2
3
4

Рисунок. Основные этапы эксперимента (1 – первичный каллус на третьем варианте МСК, 2 – каллус на среде поддержания и дифференциации, 3 – индукция побегов, 4 – растения-регенеранты)

НОМЕНКЛАТУРНЫЕ СТАНДАРТЫ СОРТОВ КАРТОФЕЛЯ СЕЛЕКЦИИ КАМЧАТСКОГО НИИСХ И ФНЦ ДАЛЬНЕГО ВОСТОКА ИМ. А.К. ЧАЙКИ

Д. А. Рыбаков¹, И. В. Ким², А. Д. Иващенко³, Т. П. Шерстюкова³, О. Ю. Антонова¹,
Т. А. Гавриленко¹

Федеральный исследовательский центр Всероссийский институт генетических ресурсов
растений имени Н.И. Вавилова (ВИР), Санкт-Петербург, Россия, da-rybakov@inbox.ru

Федеральный научный центр агробιοтехнологий Дальнего Востока им. А.К. Чайки,
Уссурийск, Россия

Федеральный исследовательский центр Всероссийский институт генетических ресурсов
растений имени Н.И. Вавилова (ВИР), Камчатский научно-исследовательский институт
сельского хозяйства – филиал ВИР, Камчатский край, Россия

NOMENCLATURAL STANDARDS FOR POTATO CULTIVARS DEVELOPED AT KAMCHATKA RESEARCH INSTITUTE OF AGRICULTURE AND THE FEDERAL SCIENTIFIC CENTER OF AGRICULTURAL BIOTECHNOLOGY OF THE FAR EAST

D. A. Rybakov¹, I. V. Kim², A. D. Ivashchenko³, T. P. Sherstyukova³,
O. Yu. Antonova¹, T. A. Gavrilenko¹

¹ N.I. Vavilov All-Russian Institute of Plant Genetic Resources (VIR), St. Petersburg, Russia,
da-rybakov@inbox.ru

² Federal Scientific Center of Agricultural Biotechnology of the Far East named after
A.K. Chaika, Ussuriysk, Russia

³ N.I. Vavilov All-Russian Institute of Plant Genetic Resources (VIR), Kamchatka Research
Institute of Agriculture – branch of VIR, Kamchatka Territory, Russia

В течение последних шести лет в ВИР активно ведутся работы по оформлению номенклатурных стандартов сортов картофеля селекции различных учреждений (Клименко и др., 2020; Фомина и др., 2020а, б; Рыбаков и др., 2020, 2022; Оськина и др., 2023) в соответствии с Международным кодексом номенклатуры культурных растений (Brickell et al., 2016). В рамках комплексной программы регистрации и сохранения генофонда российских сортов в генбанке ВИР, инициированной в ВИР (Гавриленко, Чухина, 2020); растительный материал, использованный для гербаризации и создания номенклатурных стандартов, также используется для молекулярно-генетической паспортизации и инициации *in vitro* культуры для сохранения сортов в живом виде в контролируемых условиях.

В 2022 году была инициирована задача по созданию номенклатурных стандартов и генетических паспортов, а также сохранению в *in vitro* коллекции ВИР дальневосточных сортов картофеля селекции Камчатского НИИСХ и ФНЦ Дальнего Востока им. А.К. Чайки. В каждом из этих селекционных учреждений селекцией новых сортов картофеля занимаются на протяжении многих десятилетий, в нашем исследовании участвовали современные сорта, районированные в 2009–2024 годы.

Материалом послужили сорта ‘Вулкан’, ‘Гейзер’, ‘Камчатка’, ‘Северянин’, ‘Солнышко’ (Камчатский НИИСХ – филиал ВИР) и ‘Дачный’, ‘Казачок’, ‘Моряк’, ‘Смак’ (ФНЦ Дальнего Востока им. А.К. Чайки), отобранные и переданные в ВИР авторами этих сортов. Из-за большого расстояния между институтами, ранее разработанный протокол (Гавриленко, Чухина, 2020) был модифицирован. В 2022 году авторы сортов пересылали в ВИР только клубни (по пять клубней каждого сорта, собранных с одного растения). Эти клубни использовались в ВИР для гербаризации (фрагментов кожуры и поперечных срезов клубней), выделения ДНК, получения световых ростков и документации их морфологии, инициации *in vitro* культуры и высадки образцов в поле НПБ «Пушкинские и Павловские лаборатории ВИР» в 2023 г. для получения побегов, используемых для гербаризации.

Номенклатурные стандарты оформляли в соответствии с рекомендациями Международного кодекса номенклатуры культурных растений (Brickell et al., 2016). Дополнительно на гербарные листы помещали фотографии клубней, световых ростков и соцветий.

SSR-генотипирование проводили в соответствии с ранее разработанным протоколом (Антонова и др., 2020). Дополнительно проводили молекулярный скрининг с использованием 14 маркеров, ассоциированных с 10 генами, контролирующими устойчивость к различным вредным организмам, а также с маркерами разных типов цитоплазм (список праймеров и условия ПЦР см. в публикациях Рыбаков и др., 2020, 2022; Оськина и др., 2023).

В результате проведенных исследований были оформлены номенклатурные стандарты пяти сортов, созданных в Камчатском НИИСХ (в настоящее время филиал ВИР): 'Вулкан', 'Гейзер', 'Камчатка', 'Северянин', 'Солнышко', и четырех сортов селекции ФГБНУ «ФНЦ Агробиотехнологий Дальнего Востока им. А.К. Чайки»: 'Дачный', 'Казачок', 'Моряк', 'Смак'. Готовится публикация для их обнародования. Все зарегистрированные гербарные листы были переданы в Гербарий культурных растений мира, их диких родичей и сорных растений (WIR) для регистрации и сохранения в типовом фонде.

С использованием 8 SSR-маркеров для каждого номенклатурного стандарта разработан генетический паспорт. SSR-спектры дополнили базу данных с микросателлитными профилями отечественных сортов (Антонова и др., 2020); не выявлено сортов, имеющих одинаковые профили с опубликованными ранее (Клименко и др., 2020; Фомина и др., 2020а, б; Рыбаков и др., 2020, 2022; Оськина и др., 2023). В генетические паспорта занесены результаты молекулярного скрининга – информация о наличии-отсутствии у изученных дальневосточных сортов 14 маркеров, ассоциированных с 10 генами, контролирующими устойчивость к различным вредным организмам, и информация о типах цитоплазм сортов.

В *in vitro* коллекции ВИР сохраняются 7 образцов генетически идентичных номенклатурным стандартам сортов – 'Гейзер', 'Дачный', 'Казачок', 'Камчатка', 'Моряк', 'Смак', 'Солнышко'.

Работа выполнена в рамках государственных заданий согласно тематическому плану ВИР по темам: № FGEM-2022-0004, № FGEM-2022-0006 и № FGEM-2022-0008.

ВЛИЯНИЕ ГИББЕРЕЛЛИНОВОЙ КИСЛОТЫ НА МОРФОЛОГИЧЕСКИЕ ПРИЗНАКИ И ФЕРТИЛЬНОСТЬ ПЫЛЬЦЫ НИЗКОРОСЛЫХ ЛИНИЙ ПОДСОЛНЕЧНИКА *HELIANTHUS ANNUUS* L.

М. К. Рязанова¹, Р. Д. Бердиган², В. А. Гаврилова¹, И. Н. Анисимова¹

¹ Федеральный исследовательский центр Всероссийский институт генетических ресурсов растений имени Н.И. Вавилова (ВИР), Санкт-Петербург, Россия, m.ryazanova@vir.nw.ru

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

THE EFFECT OF GIBBERELIC ACID ON THE MORPHOLOGICAL CHARACTERS AND POLLEN FERTILITY OF DWARF SUNFLOWER LINES

M. K. Ryazanova¹, R. D. Berdigan², V. A. Gavrilova¹, I. N. Anisimova¹

¹ N.I. Vavilov All-Russian Institute of Plant Genetic Resources (VIR), St. Petersburg, Russia, m.ryazanova@vir.nw.ru

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

Подсолнечник однолетний *Helianthus annuus* L. – ценная масличная культура, занимающая четвертое место в мире среди масличных растений. В последнее время селекционеры ведут целенаправленные работы по выведению карликовых линий. За счет укороченной длины междоузлий на посевах короткостебельных линий происходит затемнение почвы, что способствует сокращению количества сорняков. Короткостебельные линии устойчивы к полеганию, имеют крупные корзинки, семена пригодны для различных направлений использования. Молекулярно-генетические механизмы признака карликовости у подсолнечника изучены недостаточно. Известно, что низкорослые формы различных видов растений несут мутации в генах, ответственных за метаболизм или передачу сигнала фитогормона гиббереллина (ГА). Повреждение ферментов деактивации ГА или потеря репрессивной функции белков DELLA могут быть связаны с высоким ростом, а нарушения биосинтеза ГА или накопление репрессоров ГА-сигналинга DELLA-белков может быть связан с низким. Растения, мутантные по генам DELLA, не реагируют на обработку экзогенным гиббереллином, тогда как у растений с нарушениями биосинтеза и сигналинга гиббереллинов наблюдается восстановление роста (Билова и др., 2016). Изучение реакции короткостебельных растений на обработку экзогенной гиббереллиновой кислотой (ГК) необходимо для выяснения природы генов, детерминирующих этот признак.

Материалом исследования служили 4 короткостебельные линии из генетической коллекции подсолнечника ВИР: ВИР171 (к-2792), ВИР789 (к-3702), ВИР319 (к-3417), ВИР665 (к-3492). Семена линий были посеяны в климатической камере (25 °С, влажность 60 %) в разных сосудах (рисунок). При появлении вторых настоящих листьев один раз в неделю обрабатывали растения ГК капельно (по 10 µl) раствором ГКЗ концентрации 0,015 %. Обработки проводили в течение нескольких недель, вплоть до раскрытия корзинки. Контрольные и опытные растения фенотипировали по следующим признакам: высота растений, длина междоузлий, фертильность пыльцы. Для оценки фертильности пыльцы использовали модифицированный ацетокарминовый метод окрашивания (Voronova, Gavrilova, 2019) в сочетании с методом анализа данных путем построения вариационных кривых. Цитологический анализ был произведен методом подсчета процента фертильных пыльцевых зерен с помощью микроскопа AxioPlan 2 Imaging.



Рисунок. Первые всходы (линии ВИР171 и ВИР319) и взрослые растения (ВИР789) низкорослых линий в климатической камере

После обработки ГК диаметр корзинок уменьшился примерно на 10–15 %. По сравнению с контрольными растения, обработанные ГК, имели тонкий стебель и значительно более мелкие листовые пластинки. Восстановление нормального роста ожидали в случае, если линия мутантна по генам, вовлеченным в биосинтез ГК. В наших экспериментах обработка экзогенной ГК не привела к изменению высоты ни одной из изученных карликовых линий. Можно предположить, что признак низкорослости всех четырех генотипов не связан с нарушениями биосинтеза ГК, а более вероятной причиной являются мутации в генах передачи сигнала гиббереллина (например, в генах DELLA-белков).

Выявлено значительное разнообразие растений карликовых линий по степени окрашиваемости и диаметру пыльцевых зерен. В контроле эти показатели варьировали от высоко фертильных растений с показателем фертильности 76–98 %, до средне фертильных 51–75 %, а также стерильных. После обработки ГК в каждой из линий отмечено снижение фертильности пыльцы (вплоть до полной стерильности) (таблица).

Таблица. Характеристики морфологических признаков и фертильности пыльцы контрольных и опытных растений

Линия	Конт-роль/ опыт	№ расте-ния	Фенотип	Фертильность пыльцы, %	Высота растения, см	Длина междоузлия, см	Наличие ветвления
ВИР789	к	1–6	Фертильный	84–98	14–23	1,0–2,5	Верхнее
	о	7–10	Фертильный	52–75	7–19	0,5–2,0	Верхнее
		11–12	-	0	4–6	0,3–0,5	нет
ВИР171	к	1–2	Фертильный	90–94	15–19	1,0	нет
		3	-	0	3	0,1	
		4–6	Фертильный	83–96	16–20	1,5–2,0	
	о	7	Стерильный	0	10	0,5	нет
		8–10	-		5–9	0,7–1,0	
		11–12	Фертильный	51–67	13–17	1,0–1,7	
ВИР319	к	1–6	Фертильный	80–98	25–29	2,0–2,7	нет
	о	7–9	Стерильный	0	25–30	2,0–2,6	нет
		10–12	-		6–9	0,5–0,8	
ВИР665	к	1–6	Фертильный	70–95	15–27	1,3–2,1	нет
	о	7–9	Фертильный	54–69	20–23	1,2–2,0	нет
		10–12	Стерильный	0	20–23	1,5–1,7	

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».

ИЗУЧЕНИЕ ГЕНОВ ДОМЕСТИКАЦИИ ДРЕВНЕГО ЯЧМЕНЯ XII ВЕКА

Т. В. Семилет, Н. А. Швачко, О. Н. Ковалева, Л. Ю. Шипилина, Н. В. Смирнова,
Е. К. Хлесткина

Федеральный исследовательский центр Всероссийский институт генетических ресурсов растений имени Н.И. Вавилова (ВИР), Санкт-Петербург, Россия, t.semilet@vir.nw.ru

STUDYING DOMESTICATION GENES IN THE BARLEY OF THE 12TH CENTURY

T. V. Semilet, N. A. Shvachko, O. N. Kovaleva, L. Yu. Shipilina, N. V. Smirnova,
E. K. Khlestkina

N.I. Vavilov All-Russian Institute of Plant Genetic Resources (VIR), St. Petersburg, Russia,
t.semilet@vir.nw.ru

Основные центры формирования культурных растений обусловлены историей и эволюцией человека. Растения были неразрывно связаны с разными сферами деятельности наших предков: являлись основой питания, кормом для животных, использовались во время обрядов и праздников. Как известно, первыми растениями, которые стали возделывать земледельцы, были зерновые. Исторической родиной современных культурных зерновых, широко возделываемых во всем мире, являлась территория Дуги плодородия. В настоящее время до конца не изучены основные этапы доместикации современных зерновых.

В нашем исследовании проведено изучение древней ДНК ячменя, найденного на территории Усвятского городища в Псковской области в 2019 г. Находка датируется XII веком. Примечательно, что зерновки хорошо сохранились, это позволило с применением морфологических методов определить их принадлежность к роду *Hordeum* L.

Кроме морфологического анализа древние зерновки изучали современными молекулярно-генетическими методами. В боксе для работы с древней ДНК ВИР были созданы условия, исключающие контаминацию с современной ДНК растений. В ходе исследования проведено изучение участков генов *Elf3* и *Chi*, ассоциированных с ранней спелостью и биосинтезом антоцианов. Выявлены идентичные нейтральные SNP у древних и современных ячменей. В дальнейшем ПЦР-тесты с родоспецифическими праймерами позволили определить принадлежность разрушенных зерновок к роду *Hordeum*. Секвенирование по методу Сенгера кодирующих частей генов доместикации растений (*Nud*, *Btr1*, *Btr2*, *Vrs1*) дало возможность восстановить морфологию колоса древнего ячменя. В результате определено, что у древнего ячменя были двурядные, распадающиеся на членики колосья с пленчатыми зерновками (рисунок).

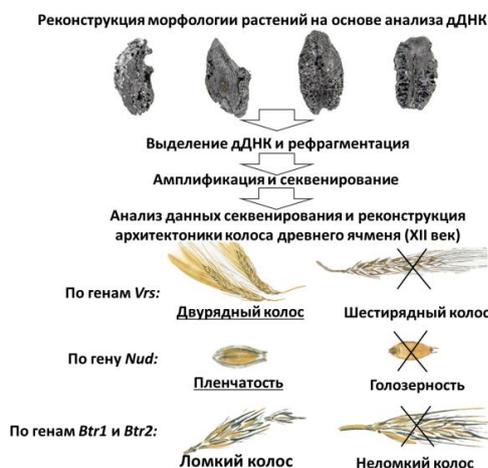


Рисунок. Реконструкция колоса древнего ячменя XII века (Усвятское городище)

Таким образом, комплексный междисциплинарный подход к изучению ископаемых остатков растений является важным подспорьем для поиска ответа на археологические и археоботанические вопросы. Данное исследование демонстрирует возможность выделять фрагменты ДНК, по которым не только можно судить о внешнем облике возделываемых растений, но и выявлять генетическую близость современных и древних организмов.

ОСНОВНЫЕ ХОЗЯЙСТВЕННО ЦЕННЫЕ ПРИЗНАКИ *ALLIUM CEPA* L. ГЕНЕТИЧЕСКОЙ КОЛЛЕКЦИИ ВИР В УСЛОВИЯХ НЕЧЕРНОЗЕМНОЙ ЗОНЫ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Т. М. Середин¹, В. В. Шумилина², А. Ф. Агафонов¹, Е. В. Баранова¹

¹ Федеральний научный центр овощеводства, Одинцово, Россия, timofey-seredin@rambler.ru

² Федеральний исследовательский центр Всероссийский институт генетических ресурсов растений имени Н.И. Вавилова (ВИР), Санкт-Петербург, Россия, v.shumilina@vir.nw.ru

MAIN USEFUL AGRONOMIC TRAITS OF *ALLIUM CEPA* L. FROM VIR'S GENETIC COLLECTION UNDER THE CONDITIONS OF THE NON-BLACK-EARTH ZONE OF RUSSIA

T. M. Seredin¹, V. V. Shumilina², A. F. Agafonov¹, E. V. Baranova¹

¹ Federal Scientific Vegetable Center, Odintsovo, Russia, timofey-seredin@rambler.ru

² N.I. Vavilov All-Russian Institute of Plant Genetic Resources (VIR), St. Petersburg, Russia, v.shumilina@vir.nw.ru

Лук репчатый относится к семейству Луковые и в настоящее время является весьма актуальной овощной культурой, которая входит в борщевой набор. В Госреестр селекционных достижений внесено 205 сортов и 209 F1 гибридов лука репчатого.

В наших исследованиях были использованы 300 коллекционных образцов лука репчатого генетической коллекции отдела овощных культур ВИР. В исследованиях использовали как различные по окраске (желтая, коричневая, розовая, красная, белая), а также форме луковицы (округлая, округло-плоская, плоская, овальная, овально-удлиненная), так и по различному происхождению (Англия, Испания, Германия, Франция, Голландия, Узбекистан, Пакистан, Россия). Преобладали образцы лука репчатого с округлой формой луковицы и с желтой окраской верхних покровных чешуй (к-4278, к-4461, к-4803, к-4883). Также в исследованиях была группа образцов с красной окраской сухих покровных чешуй и округло-удлиненной формой луковицы: к-4057, к-4482, к-4754. У группы образцов была отмечена овально-удлиненная форма луковицы и белая окраска сухих покровных чешуй. В настоящее время в производстве лука репчатого требуются определенные модели сорта или F1 гибрида: округлая форма луковицы, желтая окраска сухих покровных чешуй, высокая устойчивость к основным патогенам, а также способность к длительному хранению.

Необходимо отметить, что в наших исследованиях имеются коллекционные образцы ВИР лука репчатого, которые имеют возможность выращивания в севочной культуре. Выделилась группа образцов: к-4510, к-4787, к-542, к-605. Также мы проводим исследования по выращиванию коллекции лука репчатого как рассадным способом, так и непосредственным посевом семян в грунт для возделывания в однолетней культуре.

Таким образом, подробно охарактеризовав коллекционный питомник лука репчатого генетической коллекции ВИР, мы выделили и передали на испытания в Госсорткомиссию образец под названием «Новатор». В настоящее время образец проходит оценку и изучение на госсортоучастке по основным хозяйственно полезным признакам.

СЕЛЕКЦИОННАЯ ОЦЕНКА ГИБРИДНОГО ПОКОЛЕНИЯ F₃ ЛЬНА-ДОЛГУНЦА

А. Д. Симагин, А. С. Симагина, К. А. Черняк, Е. А. Вертикова, Е. К. Барнашова
Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К.А. Тимирязева,
Москва, Россия, alexander.d.simagin@yandex.ru

STUDYING THE F₃ GENERATION OF FLAX

A. D. Simagin, A. S. Simagina, K. A. Chernyak, E. A. Vertikova, E. K. Barnashova
Russian State Agrarian University – Moscow Timiryazev Agricultural Academy, Moscow,
Russia, alexander.d.simagin@yandex.ru

Лен-долгунец – это одна из важнейших сельскохозяйственных культур. В настоящее время сельхозпроизводители заинтересованы в возделывании технологичных и высокопродуктивных сортов, поэтому создание новых сортов, отвечающих современным требованиям, является ключевой задачей в селекции льна-долгунца.

Основная цель исследования – проведение отбора в поколении F₃ льна-долгунца и комплексная оценка отобранных сортообразцов.

Научные исследования проводили на полевой станции и на кафедре генетики, селекции и семеноводства ФГБОУ ВО РГАУ МСХА им. К.А. Тимирязева. Коллекция льна-долгунца представлена сортами: Росинка, Надежда, Факел, Дипломат, Тонус, Полет, Новоторжский. В результате экспериментов и плановых скрещиваний в 2024 году получили третье гибридное поколение льна-долгунца.

Гибриды оценили по ряду показателей, таких как дата наступления и продолжительность фенологических фаз и вегетационного периода, высота растения, устойчивость к полеганию. Лабораторная оценка включала: выход волокна (%), техническая длина стебля (см), высота растений (см), мыклость, диаметр стебля у основания (мм), диаметр стебля у основания соцветия (мм), сбежистость (таблица).

Таблица. Характеристика перспективных гибридных популяций льна-долгунца, 2024 г.

Гибрид	№	Техническая длина, см	Мыклость	Сбежистость	Количество коробочек на одном растении, шт.	Количество семян с одного растения, шт.	Среднее количество семян в одной коробочке
Росинка × Полет среднеспелый	1	67,7	356,3	1,1	5	40	8,0
	2	68,3	379,4	0,5	6	52	8,7
	3	64,5	293,2	0,7	8	67	8,4
Надежда × Новоторжский среднеспелый	1	67,7	398,2	0,7	6	59	9,8
	2	67,9	522,3	0,5	2	15	7,5
	3	67,2	448,0	0,4	4	23	5,8
Надежда × Тонус среднеспелый	1	68,0	485,7	0,6	2	18	9,0
	2	72,0	514,3	0,9	3	28	9,3
	3	71,3	475,3	0,7	4	31	7,8
	4	68,0	400,0	1,0	4	16	4,0
Факел × Дипломат ранний	1	60,0	333,3	0,7	6	52	8,7
	2	58,4	343,5	0,5	6	48	8,0
	3	65,5	409,4	0,6	4	36	9,0
	4	58,1	341,8	0,6	3	22	7,3

Количество и качество волокна определяли косвенными методами (мыклость и сбежистость) ввиду небольшого количества материала. Современные сорта льна имеют мыклость в диапазоне 400–700 единиц, поэтому лучшими по указанному показателю из

отобранных растений стали: растение № 2 в гибридной популяции Надежда × Новоторжский (522,3) и растение № 2 в гибридной популяции Надежда × Тонус (514,3).

Наибольшую техническую длину имело растение № 2 в гибридной популяции Надежда × Тонус (72 см).

Наибольшее количество семян получили с растения № 3 в популяции Росинка × Полет. Наивысшее значение признака «количество семян в одной коробочке» отмечено у растения № 1 в гибридной популяции Надежда × Новоторжский.

Таким образом, по совокупности признаков следует отметить растения с высокими значениями: растение № 2 и растение № 3 в гибридной популяции Надежда × Тонус.

В результате научных исследований выделили перспективные научные комбинации в гибридном поколении F₃, которые рекомендованы для дальнейшего изучения и для гибридизации.

НЕКОТОРЫЕ БИОЛОГИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ *ISATIS TINCTORIA* L. ПЕРВОГО ГОДА ВЕГЕТАЦИИ

Н. В. Смурова, А. Н. Цицилин

Всероссийский научно-исследовательский институт лекарственных и ароматических растений (ВИЛАР), Москва, Россия, n_smurova@mail.ru, fitovit@gmail.com

SOME BIOLOGICAL FEATURES OF *ISATIS TINCTORIA* L. IN THE FIRST YEAR OF PLANT GROWTH

N. V. Smurova, A. N. Tsitsilin

All-Russian Scientific Research Institute of Medicinal and Aromatic Plants (VILAR), Moscow, Russia, n_smurova@mail.ru, fitovit@gmail.com

Вайда красильная – двулетнее растение, в первый год жизни виргинильная особь образует только розетку листьев. На второй год наблюдается цветение и образование семян.

Биологические особенности вайды красильной изучали от даты массовых всходов в три срока учета, соответственно на 28, 42 и 80 сутки.

Учитывали количество листьев в розетке у растения, измеряли длину и ширину листовых пластинок развитых и молодых листьев. Оценку различий между сортопопуляциями по биологическим признакам проводили в программе MS Excel.

Сортопопуляция из КНР характеризуется наименьшим количеством листьев (10). Сортопопуляция из РФ и сорт Арьяна формировали одинаковое количество листьев (16).

Рост листа у вайды красильной разных вариантов различается по длине развитого листа на втором сроке учета, на третьем сроке учета длина листьев близка у сортопопуляций из РФ, КНР и сорта Арьяна. По ширине листа на третьем сроке учета у варианта из КНР отмечены самые широкие листья, у варианта из РФ – самые маленькие.

Различие между исследуемыми сортопопуляциями и сортом Арьяна проявились по признаку «ширина развитого листа» во все сроки учета.

Согласно результатам дисперсионного анализа признака «ширина развитого листа» показана статистическая значимость в отношении фактора сортопопуляция и сроки учета.

Следовательно, этот признак может быть использован как детерминационный по генотипическим и экологическим факторам.

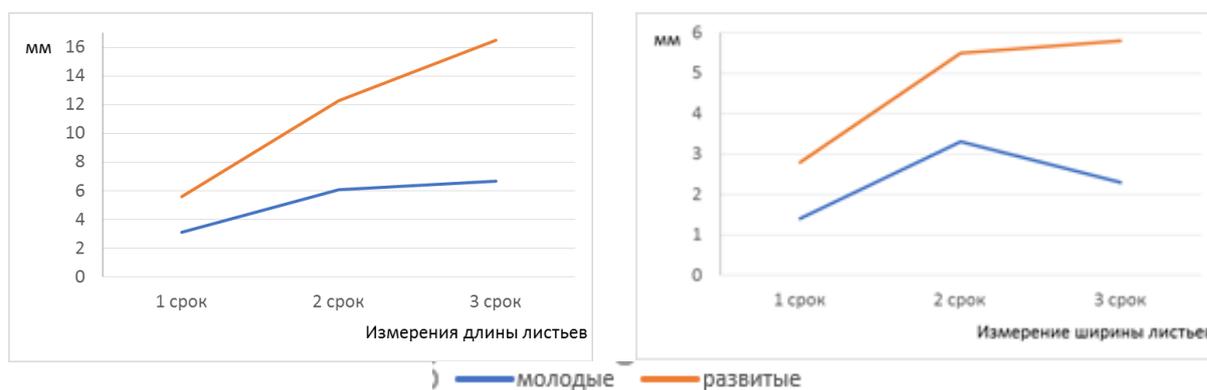


Рисунок. Динамика нарастания листа вайды красильной

Отмечен различный тип нарастания разновозрастных листьев в розетке на третьем сроке учета и уменьшение нарастания длины и ширины листа у молодых листьев (рисунок).

Изучаемые сортопопуляции и сорт Арьяна вайды красильной различны и по интенсивности цвета листьев. Листья у сортопопуляции из РФ и у сорта Арьяна зеленого цвета, с опушением с обеих сторон, лист у сортопопуляции из КНР бирюзовый, голый.

На первом сроке учета проводили сравнение образцов вайды красильной по содержанию пигментов в листьях, которые представлены в таблице.

Таблица. Содержание фотосинтетических пигментов на ранних сроках роста у сортопопуляций и сорта вайды красильной (мг/100 г сырого веса)

Вариант	Хлорофилл <i>a</i>	Хлорофилл <i>b</i>	Каротиноиды
РФ	6,5	4,0	1,0
КНР	6,9	2,3	1,1
Сорт Арьяна	7,0	2,6	1,0

Изучаемые сортопопуляции и сорт по количеству листьев в розетке в большем количестве были у изучаемых сортопопуляций из РФ и сорта Арьяна и в меньшем количестве у сортопопуляции из КНР.

Различие между исследуемыми сортопопуляциями и сортом проявились по признаку «ширина развитого листа» во все сроки учета.

Отмечено уменьшение нарастания длины и ширины листа у молодых листьев в третьем периоде учета.

Содержание хлорофилла *b* у сортопопуляции из РФ выше в сравнении с вариантами сортопопуляции из КНР и сортом Арьяна.

ОПРЕДЕЛЕНИЕ АКТИВНОСТИ ПОЛИФЕНОЛОКСИДАЗ ПШЕНИЦЫ КАК СПОСОБ ПРОГНОЗИРОВАНИЯ КАЧЕСТВА МУКИ

Ю. В. Старцева, В. А. Старцев, Е. К. Хлесткина

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

PREDICTING FLOUR QUALITY BY MEASURING POLYPHENOLOXYDASE ACTIVITY IN WHEAT GRAIN

J. V. Startseva, V. A. Startsev, E. K. Khlestkina

N.I. Vavilov All-Russian Institute of Plant Genetic Resources (VIR), St. Petersburg, Russia, jkudryashova@mail.ru

Полифенолоксидазы пшеницы ответственны за потемнение муки и конечных продуктов переработки зерна. Ферменты семейства полифенолоксидаз являются основными ферментами, ответственными за нежелательное потемнение муки, а также оказывают наибольший негативный эффект среди всех ферментов растений, приводящим к потерям до 50 % урожая при его хранении и переработке. Также, наряду с нежелательным потемнением, происходит ухудшение органолептических свойств и снижение энергетической ценности продуктов переработки растений, кроме того, уменьшается срок хранения продуктов переработки зерна пшеницы.

В основе нежелательной реакции потемнения лежит процесс окисления фенольных компонентов, при участии полифенолоксидаз, с образованием *o*-хинонов. Полифенолоксидаза катализирует быструю полимеризацию *o*-хинонов с образованием черных, коричневых или красных пигментов (полифенолов), которые воспринимаются глазом как более темные. Сами *o*-хиноны представляют собой частицы желтого цвета, крайне неустойчивые и формирующие соединения с аминокислотами или белками. Полимеризация промежуточных продуктов реакции и конденсация *o*-хинонов приводит к образованию красно-коричневых полимеров, называемых меланинами. Именно этот процесс лежит в основе нежелательного изменения цвета продуктов на бурый.

Предложенный в 2001 году Андерсоном и Моррисом метод позволяет прогнозировать качество будущей муки (возникновение нежелательных оттенков) за счет определения активности полифенолоксидаз в зерне пшеницы. В рамках проводимого исследования был изучен, отработан и оптимизирован метод исследования активности полифенолоксидаз, предложенный Андерсоном и Моррисом. Исследуемый образец содержал муку, полученную из семян исследуемой выборки яровой пшеницы (184 образца). Хранение полученных образцов осуществлялось при комнатной температуре. Активность полифенолоксидаз была измерена три раза для каждого образца с использованием модифицированного авторами исследования методом Андерсона и Морриса. В качестве субстрата был использован Л-ДОПА. Состав инкубационной среды был следующим: 10 мМ Л-ДОПА и 50 ммоль МОПС буфера (pH 6,5). В пробирку объемом 2 мл было добавлено 120 мг цельнозерновой муки и 1,5 мл буфера. Полученный раствор был инкубирован в течение 60 минут при комнатной температуре. Во время инкубирования раствор подвергался постоянному перемешиванию на ротационном перемешивателе Multi Bio RS-24 (Biosan, Латвия). Активность полифенолоксидазы определяли по увеличению оптической плотности при длине волны 475 нм на спектрофотометре VWR UV-6300PC (VWR, США).

Во время выполнения теста на определение активности полифенолоксидаз был также разрешен вопрос о наличии влияния эндогенных фенолов зерна пшеницы на результат конечной реакции. Для этого был разработан метод, где в качестве образца сравнения (калибровочного образца, фоновой пробы) был использован образец без привнесенного субстрата (без Л-ДОПА). Таким образом, калибровочный образец имел

следующий состав: буфер МОПС, исследуемый образец (мука или семена), буфер Твин 20. На основании проведенного тестирования были получены результаты, свидетельствующие о том, что собственные фенолы зерна пшеницы не оказывают существенного влияния на конечный результат реакции, то есть ими можно пренебречь.

Также, в связи с первоначально неоднозначными результатами спектрофотометрии, была исследована кинетика изучаемой реакции: замеры поглощения на спектрофотометре выполнялись через каждые 10 минут, начиная с первой минуты и до восьмидесятой. Было показано, что реакция превращения Л-ДОПА протекает в 2 этапа: на первом этапе образуется допахром (определяется при длине волны 475 нм); на втором этапе допахром постепенно окисляется до меланохрома (оптимум по длине волны 540 нм). Вторая реакция протекает значительно медленнее первой. Анализ кинетических кривых показал, что оптимальное время экспозиции, при котором можно пренебречь превращением допахрома в меланохром, лежит в диапазоне 20–40 минут. На основании анализа полученных данных было выбрано время экспозиции, равное 30 минутам. Также был подобран оптимальный вес изучаемой пробы для образцов муки, равный 60 мг.

Вероятность изменения цвета муки на нежелательный (побурение) достоверно снижается при использовании зерна пшеницы с низким уровнем активности полифенолоксидаз в тесте Андерсона и Морриса. Обнаружение высокой активности полифенолоксидаз в зоне пшеницы, наоборот, достоверно увеличивает вероятность нежелательного изменения цвета муки. Практическое применение метода позволит изготавливать муку из зерен с более низкой активностью полифенолоксидаз, таким образом снижая возникновение нежелательных оттенков цвета муки, что в свою очередь снижает затраты производителя на ее осветление, увеличивает время хранения муки, позволяет избежать потерь за счет утилизации муки в связи с ее непригодностью для употребления в пищу, в связи с ухудшением ее органолептических свойств.

МНОГОЛЕТНИЕ НАБЛЮДЕНИЯ ЗА СРОКАМИ НАСТУПЛЕНИЯ ФЕНОЛОГИЧЕСКИХ ФАЗ И ВКУСОВЫМИ КАЧЕСТВАМИ АРБУЗОВ И ДЫНЬ, ВЫРАЩЕННЫХ В ДВУХ ОБЛАСТЯХ РОССИИ

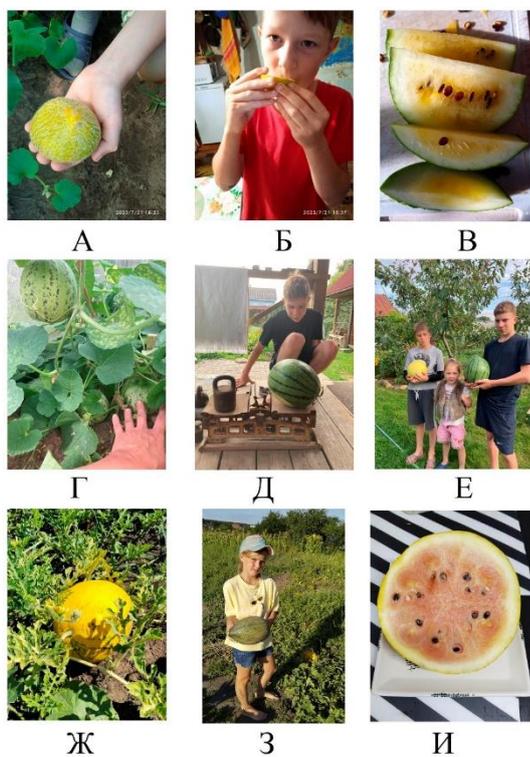
Г. А. Ухатов, Ж. В. Кривохатская, А. А. Маркелова

Дворец детского творчества Центрального района Санкт-Петербурга «Преображенский»,
Санкт-Петербург, Россия, ddtpr.cent@obr.gov.spb.ru

LONG-TERM OBSERVATIONS ON THE TIMING OF THE ONSET OF PHENOLOGICAL PHASES AND THE TASTE QUALITIES OF WATERMELONS AND MELONS GROWN IN TWO REGIONS OF RUSSIA

G. A. Ukhatov, Zh. V. Krivokhatskaya, A. A. Markelova

Preobrazhensky Palace of Children's Creativity of the Central District of St. Petersburg,
St. Petersburg, Russia, ddtpr.cent@obr.gov.spb.ru



Проведение полевых наблюдений и фиксации фенологических фаз (А, Г, Д, Ж, З)
и дегустация плодов бахчевых культур (Б, В, Е, И);

А–В – Ленинградская обл., д. Моровино;

Г–Е – Ленинградская обл., д. Васкелово;

Ж–И – Белгородская обл., пос. Борисовка

(Фото: Ухатов Григорий, Маркелова А. А., Кривохатская Ж. В.)

Изучение возможности получения вкусных плодов бахчевых культур (арбузов, дынь) севернее традиционных областей представляет серьезный научный интерес. Населению Севера важно получать качественные продукты, выращенные рядом с домом. Эксперименты по адаптации арбузов и дынь к северным широтам проводят ученые ВИР с 2021 года. В рамках проекта «Северная бахча» было решено вырастить скороспелые сорта арбузов и дынь в Белгородской и Ленинградской областях и сравнить результаты с данными ВИР по выращиванию арбузов и дынь на Полярной станции.

Цель работы: сравнить сроки наступления фенологических фаз и вкусовые качества

двух сортов арбузов и трех сортов дынь, выращенных в Белгородской и Ленинградской областях, за три года наблюдений (2021–2023 гг.)

Задачи: посеять арбузы и дыни на рассаду, в открытый грунт и в теплицу в разных областях.

1. Сравнить сроки наступления основных фенологических фаз.
2. Сравнить урожайность и вкусовые качества арбузов и дынь в разных областях.
3. Сравнить полученные данные с данными, предоставленными ВИР по выращиванию арбузов и дынь на Полярной станции, а также с некоторыми данными, полученными в результате выращивания тех же сортов арбузов и дынь в 2022 и 2023 годах.

В качестве материала исследований использованы сорта бахчевых культур селекции ВИР: арбузов ‘Сюрприз’, ‘Подарок солнца’ и дынь ‘Южанка’, ‘Станислава’ и ‘Золушка’. Семена были предоставлены Всероссийским институтом генетических ресурсов растений имени Н.И. Вавилова. Все сорта раннеспелые.

Наблюдения проводились в двух областях России (Ленинградской и Белгородской) в течение трех лет (с 2021 по 2023 год) и включали в себя следующие этапы.

– Посев семян перечисленных сортов на рассаду (согласно методическим указаниям ВИР, 1988) в Ленинградской области (деревни Моровино и Васкелово) и в Белгородской области (пос. Борисовка).

– Пикировка рассады. В Белгородской области рассада была высажена в открытый грунт. В Ленинградской области рассада была высажена в теплицу.

– Дегустация арбузов и дынь (5-балльная шкала, 5-6 участников дегустации, в результате брали средний балл). Оценивали показатели: толщина мякоти, структура мякоти, сочность, ароматность, окраска, сладость.

– Обработка полученных данных. Данные измерений и наблюдений, полученные в 2021–2023 гг., вносили в таблицы Excel, проводили подсчеты средних значений и построение диаграмм.

– Сравнение полученных данных с результатами, полученными учеными ВИР на Полярной станции в 2020 и 2021 г., а также с данными исследований, проводимых с 2021 по 2023 гг.

Проведя сравнительную оценку результатов наблюдений за 2021–2023 гг., можно сказать следующее: наступление сроков фенологических фаз происходило раньше у бахчевых культур, выращиваемых в теплицах в Ленинградской области, нежели выращиваемых в открытом грунте в Белгородской области, кроме фазы «уборка каждого плода». Урожай арбузов в разные года выращивания отличался незначительно. Урожай некоторых дынь (‘Станислава’, ‘Золушка’) в 2023 году был значительно больше, чем в 2021. В Белгородской области ежегодно сталкивались либо с отсутствием урожая некоторых сортов бахчевых культур, либо с плохой приживаемостью рассады. В 2022 г., так же как и в 2021 г., лидерами по вкусовым качествам среди арбузов и дынь вновь стали арбуз ‘Сюрприз’ и дыня ‘Южанка’. В 2023 году к данным сортам добавилась дыня ‘Станислава’, лидировавшая по вкусовым качествам в д. Моровино и д. Васкелово. Сравнили полученные данные с данными ученых ВИР по изучению арбузов на Севере. Лидерами вкуса стали аналогичные сорта: арбуз ‘Сюрприз’ и дыня ‘Южанка’.

ВИР И СОЛОВЕЦКИЙ МУЗЕЙ-ЗАПОВЕДНИК: ИСТОРИКО-ПАТРИОТИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ СОТРУДНИЧЕСТВА

Ф. А. Ухатов

Средняя общеобразовательная школа № 189 Центрального района Санкт-Петербурга
имени Героя Советского Союза А.И. Маринеско, Санкт-Петербург, Россия,
y.ukhatova@vir.nw.ru

VIR AND THE SOLOVETSKY MUSEUM-RESERVE: HISTORICAL AND PATRIOTIC ASPECTS OF COOPERATION

F. A. Ukhatov

Secondary Comprehensive School No. 189 of the Central District of St. Petersburg named after
the Hero of the Soviet Union A.I. Marinesko, St. Petersburg, Russia, y.ukhatova@vir.nw.ru

Известно, что ВИР проводил экспедиционные обследования северных территорий почти 100 лет назад. Соловки, находящиеся за полярным кругом, стали одним из важных опорных пунктов для эколого-географических испытаний сельскохозяйственных культур, проводимых Н. И. Вавиловым. В XXI веке там проводятся экспедиции, в которых участвуют аспиранты и даже студенты и школьники, которые работают с учеными ВИР.

В 2020 году сотрудники ВИР при поддержке Архангельской области пригласили юнг Санкт-Петербурга (кадетов из 189-й школы им. А.И. Маринеско) присоединиться к экспедиционному отряду и принять участие в закладке аллеи Победы. Мы, юнги МКК «Флагман», помогли ученым в посадке саженцев – прикопали их для адаптации к условиям Соловков. Данная аллея была посвящена сохранению исторической памяти, а именно 75-летию со дня окончания Второй мировой войны (3 сентября). Кроме закладки аллеи мы вместе с учеными приняли участие в сборе семян северных культур для изучения и возможного пополнения коллекции ВИР. Ученые пояснили нам, что северные растения имеют ценный набор генов, который позволяет без повреждений переживать суровые природные условия.

В 2021 году в день 80-летия Полярного конвоя «Дервиш» юнги 189 школы вместе с сотрудниками ВИР вновь посетили Соловки. Мы навестили аллею и традиционно посетили музей Соловецкой школы юнг. По возвращении в Санкт-Петербург делегация Представительства Архангельской области в Санкт-Петербурге прибыла в школу 189 им. А. И. Маринеско и познакомилась со школьным музеем.

Ученые ВИР знают, почему так важно сохранять историческую память и правду. В ВИР есть давняя традиция – сохранение коллекции семян растений, которые более ста лет собирали ученые. И последователи будут собирать и сохранять эту коллекцию. С Соловками ВИР связывает долгая экспедиционная история. ВИР помнит подвиг своих сотрудников по сохранению коллекции в годы войны и помнит подвиг Соловецких юнг. В 2022 году накануне 80-летия Соловецкой школы юнг (24 мая) кадеты 189 школы вместе с курсантами училищ им. Фрунзе, им. Макарова встретились в Помпейском зале ВИР вместе с Соловецкими юнгами – легендарными выпускниками первого и второго наборов. В ВИР приехали Маслаков Александр Степанович, ветеран, капитан 1 ранга в отставке (р. 1 января 1925 г.), Мезенков Владимир Иванович, ветеран (р. 22 ноября 1925 г.), Семенов Павел Иванович, ветеран, старшина 1 статьи (р. 10 июля 1930 г.) и сын Мира Назибовича Нигматуллина, юнги первого набора, немного не дожившего до 80-летия школы юнг. Мы, молодое поколение, получили напутствия и от ветеранов, и от сотрудников ВИР, и от Представительства Архангельской области в Санкт-Петербурге.

ВИР связан с Соловками, Соловки связаны с юнгами, мы, кадеты 189 школы, держим связь и с ВИР, и с Соловками, и с юнгами, чтобы по-настоящему сохранять историческую память и правду. В 2025 году Соловецкие юнги А. С. Маслаков и В. И. Мезенков отметят

свои 100-летия, а мы продолжим на них равняться и выступать связующим звеном между ВИР и Соловками, которые связаны не только экспедиционной деятельностью, но и историей.

В 2022 и 2023 году мы как заправские знатоки Соловецкого архипелага помогли студентам НТУ «Сириус» и аспирантам ВИР проводить обследования территории. Нам в этом помог «Летний университет» Соловецкого музея-заповедника и проект «Соловецкий меридиан». Мы так хорошо помогли им, что в 2024 г. студенты и аспиранты справились там самостоятельно. В 2025 году планируем снова навестить Соловецкие острова, ведь хорошие традиции должны продолжаться.

ИНДУКЦИЯ КАЛЛУСОГЕНЕЗА ЛИЛЕЙНИКА (*HEMEROCALLIS* L.) КОЛЛЕКЦИИ ВИР

Е. С. Филимонова, М. В. Васильева, Р. С. Рахмангулов

Федеральный исследовательский центр Всероссийский институт генетических ресурсов растений имени Н.И. Вавилова (ВИР), Санкт-Петербург, Россия,
filimonovaketrin@yandex.ru

INDUCTION OF CALLUSOGENESIS IN DAYLILY (*HEMEROCALLIS* L.) FROM THE VIR COLLECTION

E. S. Filimonova, M. V. Vasilyeva, R. S. Rakhmangulov

N.I. Vavilov All-Russian Institute of Plant Genetic Resources (VIR), St. Petersburg, Russia,
filimonovaketrin@yandex.ru

Лилейник (*Heemerocallis* L.) – ценная красивоцветущая декоративная культура. Дикие формы характеризуются цветками желтого, оранжевого и красноватого оттенков, окраска венчика сортов крайне разнообразна, от фиолетовой до лимонно-желтой, притом однотонной или несущей богатый узор. Коллекция ВИР включает 53 образца лилейника, в том числе 48 сортов и 5 видовых образцов. Задача селекции лилейников в России заключается в расширении и совершенствовании отечественного сортимента. Круглогодичная селекционная работа возможна при создании *in vitro* коллекции изучаемой культуры.

Целью данного исследования был подбор типов растительных эксплантов, оптимального соотношения регуляторов роста в питательных средах для индукции каллусогенеза, поддержания стабильного роста каллуса и последующей регенерации растений лилейника из каллусной ткани.

Проверку влияния фитогормонов производили на выборке, включающей 4 сорта, контрастных по окраске венчика – ‘Regal Air’ (терракотовый цвет), ‘Melody Lein’ (лимонный с бронзовым напылением на краях), ‘Night Beacon’ (винно-красные с большим желтым горлом), ‘Buz Bomb’ (ало-красные с желтым зевом). Получению каллусной культуры предшествовал процесс введения эксплантов перечисленных выше сортов в асептические условия и оценку вдалнейшей жизнеспособности двух типов эксплантов – цветоноса и трубки околоцветника. Средний полученный показатель эффективности введения частей растения: $10,1 \pm 1,78$ (33 %) для фрагментов трубки околоцветника, $8,73 \pm 1,88$ (29 %) для цветоноса. Показатели, превышающие средние, демонстрирует сорт ‘Buz Bomb’, у которого отмечены жизнеспособные экспланты: 18 (60 %) часть цветоноса и 14 (50 %) трубка околоцветника.

Сформировавшиеся после введения первичных эксплантов молодые побеги переносили на среду для индукции каллусогенеза (среда МС-1): 6-БАП 0,5 мг/л и индолилуксусной кислоты (ИУК) 0,1 мг/л. Нарастание каллуса происходило успешно, однако сопровождалось некротическими процессами, потому проведен пассаж на среды для устойчивого развития каллуса: МС-2 – 0,1 мг/л нафталинуксусной кислоты (НУК); МС-3 – 1,5 мг/л 6-БАП + 0,1 мг/л НУК; МС-4 – 0,1 мг/л 2,4-дихлорфеноксиуксусной кислоты (2,4-Д) + 0,5 мг/л кинетина; МС-5 – 2,5 мг/л 2,4-Д + 0,5 мг/л кинетина.

Развитие каллусной ткани отмечено на всех указанных вариантах питательной среды в течение 2–3 месяцев. Получаемый каллус имел различную структуру в зависимости от сорта. Так, у сорта ‘Buz Bomb’ наблюдался бледно-зеленый, обводненный каллус, у сорта ‘Regal Air’ имел место необводненный каллус желтоватого или светло-коричневого оттенка, со светлыми вкраплениями. Сорта ‘Night Beacon’ и ‘Melody Lane’ характеризуются зелено-коричневым каллусом, однако у сорта ‘Night Beacon’ каллус на всех указанных средах нарастал медленнее, чем у прочих. У сорта ‘Melody Lane’ каллус

гетерогенный, с белыми вкраплениями, наблюдалась дифференцировка органов. При этом наблюдалась сортоспецифичность роста и развития каллусной ткани в ответ на действие регуляторов роста. Так, наибольший прирост выявлен у сорта 'Buzz Bomb', а наименьший – у сорта 'Night Beacon'.

Были подготовлены среды для регенерации растений: МС-6 – 1,5 мг/л 6-БАП + 0,1 мг/л НУК; МС-7 – 2,4-Д 1,5 мг/л + БАП 1,5мг/л. У сорта 'Regal Air' на варианте среды МС-6 отмечен рост бесхлорофилльных растений-регенерантов, тогда как на среде МС-7 наблюдалось нормальное развитие регенерантов. У сорта 'Melody Lane' образование растений-регенерантов отмечено на двух вариантах среды, при этом на среде МС-7 растения развивались быстрее. На средах с указанным выше составом регуляторов роста у каллуса сорта 'Vuz Bomb' отмечен меньший прирост ввиду интенсивного образования каллусной ткани. Сорт 'Night Beacon' в отличие от прочих сортов демонстрировал лучшую эффективность развития растений-регенерантов на среде МС-6. В последующем растения-регенеранты сортов 'Regal Air', 'Melody Lein', 'Night Beacon' адаптировали к нестерильным условиям среды климатических камер.

Таким образом, отработан полный цикл культивирования растений сортов лилейника коллекции ВИР в условиях *in vitro* от введения, получения каллуса, развития регенерантов, до выведения из асептических условий и культивирования *ex vitro*. Эффективность воздействия тех или иных регуляторов значительно отличается в зависимости от сорта.

ОЦЕНКА ЖИЗНЕННОГО СОСТОЯНИЯ ПОПУЛЯЦИЙ ВИДОВ РОДА *FRAGARIA L.* В СИБИРИ

А. А. Харченко, В. А. Марушевский

Федеральный исследовательский центр Всероссийский институт генетических ресурсов растений имени Н.И. Вавилова (ВИР), Санкт-Петербург, Россия, akkhara47@yandex.ru

ASSESSMENT OF THE LIFE STATUS IN POPULATIONS OF *FRAGARIA L.* SPP. IN SIBERIA

A. A. Kharchenko, V. A. Marushevsky

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

Современное состояние популяций дикорастущих растений представляет особый интерес, поскольку дает информацию о необходимости сохранения генофонда. Кроме того, дикие родичи культурных растений, не подвергавшиеся специальному отбору при селекции, могут отличаться по своим адаптивным реакциям, как в обычных условиях, так и при стрессе, что представляет особый интерес для селекции.

Цель исследования: оценка жизненного состояния ценопопуляций диплоидных видов земляники (*Fragaria L.*) Сибири с применением метода градиентного анализа с использованием индексов виталитета, экологических шкал.

Исследование было проведено в августе 2024 г. в Иркутской, Кемеровской областях, Алтайском, Красноярском краях, Республиках Алтай, Хакасия и Тыва (рисунок). Оценку жизнестойкости проводили с использованием методов Ю. А. Злобина (1989) и А. Р. Ишбирдина, М. М. Ишмуратовой (2004). Рассчитан индекс виталитета (IVI) для 35 популяций (24 *Fragaria viridis* (Duchesne) Weston и 11 *Fragaria vesca* L.) в разных местообитаниях (рисунок). В каждой популяции измеряли показатели 30 особей, если популяция велика, и всех особей, если популяция мала. Для вычисления индекса виталитета (IVI) были проведены измерения 20 биоморфологических параметров: высота особи, число живых и мертвых листьев, длина черешка, длина и ширина листовой пластинки максимального по размеру тройчатосложного листа, число зубцов на переднем листочке этого листа, число столонов на особи, общая длина всех столонов, длина на максимальном столоне, число розеток на нем, число ювенильных и имматурных розеток на максимальном столоне, количество дочерних розеток на особи, высота максимальной розетки, число листьев на максимальной розетке, число генеративных побегов, высота максимального генеративного побега, число ложных плодов на максимальном генеративном побеге, число ложных плодов на особи.

Оценка жизнестойкости исследуемых ценопопуляций показала, что наиболее благоприятные условия для *F. viridis* складывались в ценопопуляциях 27 и 9 (остепенный склон юго-восточной экспозиции и разнотравный луг), для которых установлен максимальный показатель виталитета 1,76 и 1,51. Наилучшими условиями произрастания для *F. vesca* складывались в ценопопуляциях 35 и 34 (высокотравные березняки), для которых установлен максимальный показатель виталитета 1,43 и 1,28.

По индексу виталитета ценопопуляций (IVC) рассчитаны градиенты ухудшения условий обитания, который выстраивали по уменьшению IVC (таблица).

Для каждого из исследуемых видов был высчитан индекс размерной пластичности. Значение данного индекса для *F. viridis* составило 6,33, в то время как для *F. vesca* оно равняется 2,7, что указывает на более выраженную экологическую пластичность у *F. viridis* по сравнению с *F. vesca*.

Таблица. Ряд ценопопуляций по градиенту ухудшения условий (экоклин)

<i>Fragaria viridis</i> (Duchesne) Weston	27 (1,76) → 9 (1,51) → 29 (1,44) → 18 (1,41) → 2 (1,32) → 14 (1,32) → 8 (1,30) → 4 (1,11) → 19 (1,07) → 6 (1,01) → 28 (0,99) → 3 (0,95) → 30 (0,94) → 25 (0,93) → 24 (0,91) → 21 (0,91) → 1 (0,84) → 26 (0,83) → 17 (0,81) → 5 (0,60) → 11 (0,59) → 12 (0,53) → 16 (0,48) → 15 (0,28)
<i>Fragaria vesca</i> L.	35 (1,43) → 34 (1,28) → 10 (1,12) → 7 (1,12) → 31 (1,08) → 22 (1,07) → 23 (1,02) → 20 (0,91) → 32 (0,76) → 13 (0,68) → 33 (0,52)

Наилучшими условиями для произрастания *F. viridis* являются остепненные склоны, где вид успешно адаптируется к открытым освещенным местам. В отличие от него *F. vesca* предпочитает разнотравные березняки. Кроме того, *F. viridis* демонстрирует более высокую экологическую пластичность по сравнению с *F. vesca*.

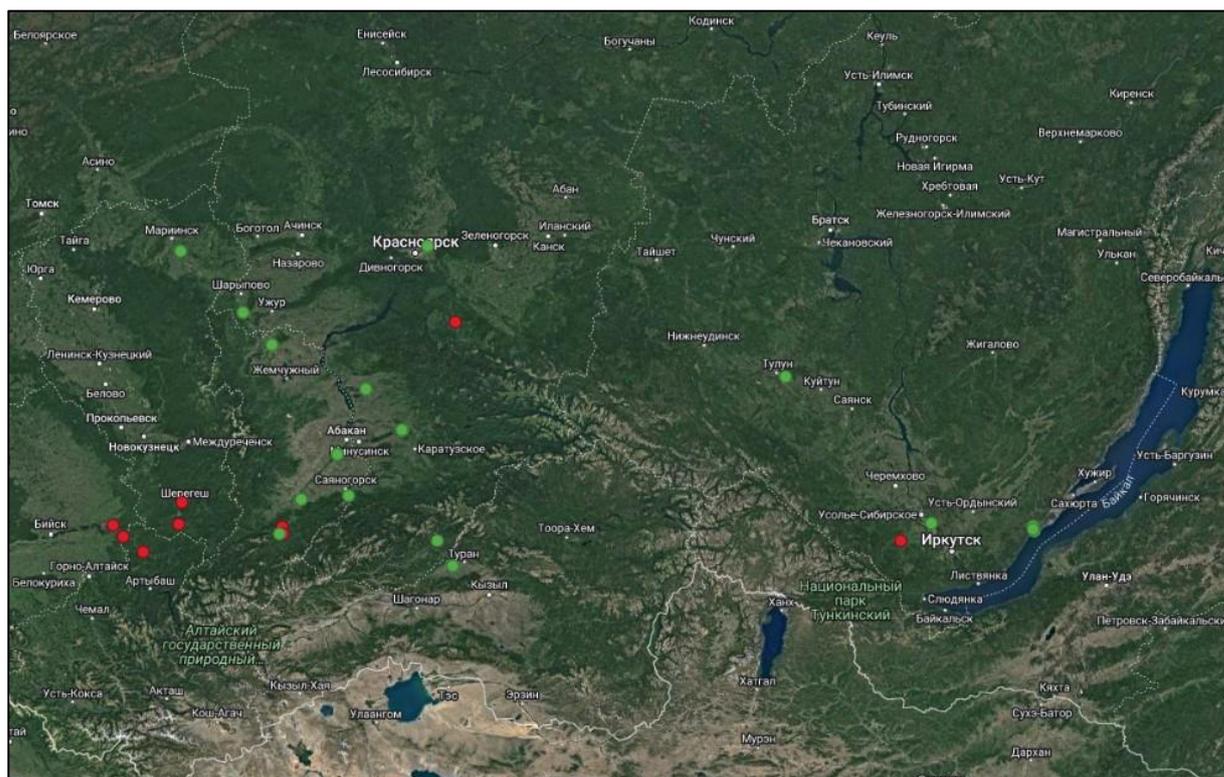


Рисунок. Локалитеты исследованных ценопопуляций: зеленым цветом отмечены популяции *Fragaria viridis* (Duchesne) Weston, красным – *Fragaria vesca* L.

Работа выполнена в рамках НИР FGEM-2024-0002 Исследование биоресурсов в пространственном и временном аспекте с применением современных цифровых и генетических технологий.

ФЕНОТИПИРОВАНИЕ ГЕРМОПЛАЗМЫ СОИ (*GLYCINE MAX* (L.) MERRILL) ПО СТРУКТУРНЫМ ЭЛЕМЕНТАМ ПРОДУКТИВНОСТИ И КАЧЕСТВУ СЕМЯН

М. П. Хорняк, О. Л. Шепель

Хабаровский федеральный исследовательский центр Дальневосточного отделения Российской академии наук (ХФИЦ ДВО РАН), Дальневосточный научно-исследовательский институт сельского хозяйства – обособленное подразделение ХФИЦ ДВО РАН, Хабаровский край, Россия, margaritaz9743@gmail.com

PHENOTYPING OF SOYBEAN (*GLYCINE MAX* (L.) MERRILL) GERMPLASM ACCORDING TO YIELD STRUCTURE COMPONENTS AND SEED QUALITY

M. P. Khornyak, O. L. Shepel

Khabarovsk Federal Research Center of the Far Eastern Branch of the Russian Academy of Sciences (KhFRC FEB RAS), Far Eastern Agricultural Research Institute – subdivision of the KhFRC FEB RAS, Khabarovsk Territory, Russia, margaritaz9743@gmail.com

Соя (*Glycine max* (L.) Merrill) – одна из древнейших сельскохозяйственных культур в мире, с каждым годом осваивает новые территории возделывания, уверенно продвигаясь в северные широты. Современное развитие научно-технического производства открывает человеку широкие возможности для использования соевого сырья.

Результативность селекционной работы во многом зависит от правильного подбора исходного материала. Для решения поставленных задач необходимо расширять поиски источников ценных признаков с целью выявления скороспелых, высокопродуктивных, высокобелковых образцов сои, приспособленных к почвенно-климатическим условиям Среднего Приамурья с дальнейшим вовлечением их в селекционный процесс.

Проводимое фенотипирование, являясь основой для последующего генетического анализа, дает возможность обнаружить специфические признаки, характерные для высокопродуктивных высокобелковых сортообразцов.

Цель исследований – провести фенотипирование гермоплазмы сои по структурным элементам продуктивности и качеству семян, оценить генетическое разнообразие исходного материала для экстремальных условий Среднего Приамурья.

Согласно методическим указаниям «Коллекция мировых генетических ресурсов ВИР» было проведено изучение 95 образцов сои различного эколого-географического происхождения из коллекции ФГБНУ «Федеральный исследовательский центр Всероссийский институт генетических ресурсов растений имени Н.И. Вавилова».

Нами были изучены сорта Европейской группы – 82,9 %, Азиатской – 7,1 % и Американской – 10 %. Большинство сортов из Российской Федерации – 26,3 %, Швеции – 13,7 %, Польши – 11,6 %, Украины – 10,5 %, Германии – 8,4 %, Беларуси – 6,4 % и Канады – 6,3 %.

Проведен анализ по срокам вегетации всех сортов. Среди коллекционных образцов присутствуют сорта с различным сроком вегетации, что позволяет вести поиск источников скороспелости. Группа раннеспелых сортов состоит из 24 образцов, среднераннеспелых из 35 образцов, среднеспелых – 18 образцов, среднепозднеспелых – 8 образцов, позднеспелых – 10 образцов. Среди раннеспелых сортов выделяется группа из Швеции (33,3 %) и Германии (16,7 %); среди среднераннеспелых – Польша (17,1 %); в группе среднепозднеспелых сортов – Украина (50 %). В остальных группах преобладают российские сорта (около 33 %).

Пригодность к механизированной уборке и устойчивость к полеганию определяется характером роста стебля. При анализе сортов по типу роста было определено, что количество детерминантных и полуиндетерминантных образцов разделилось поровну и составило 46,3 %.

Высота растения неразрывно связана с устойчивостью к полеганию и значительно влияет на продуктивность растения в целом. По группам спелости характерно увеличение средних значений длины главного стебля от 46,3 см в раннеспелой до 88,5 см – в позднеспелой. Наибольшее варьирование наблюдается в позднеспелых группах.

Пригодность сортов к механизированной уборке связана также и с высотой прикрепления нижнего боба. От количества бобов прикрепленных ниже 15 см, зависят потенциальные потери урожая при механической уборке. Основная масса сортообразцов имела очень малую (32,6 %) и малую (49,5 %) высоту прикрепления первого боба.

Неоднозначно влияние ветвления на урожайность сои – с одной стороны, увеличение количества ветвей предполагает увеличение и числа бобов на растении. Однако при их низком расположении и хорошей завязываемости многие ветви обламываются, остаются не убранными и урожай теряется. При этом увеличивается разнокачественность семян. В коллекции присутствуют сорта с различной степенью ветвления, основная масса сортообразцов формирует от 3 до 5 ветвей. В настоящий момент предпочтение селекционеров отдается компактным растениям с прочным стеблем, что также благотворно влияет на устойчивость сорта к полеганию. В среднем по группам спелости минимальное число ветвей (3,8 шт.) характерно для раннеспелых сортов, максимальное (5,2 шт.) – для среднепозднеспелых и позднеспелых.

Масса семян с растения (продуктивность) зависит от совокупности проявления составляющих признаков и варьировала в коллекции от 7,9 г до 40,3 г. Большая часть изученных сортообразцов имела малую (41,1 %) и среднюю (36,8 %) массу семян с растения. Среднее значение продуктивности по группам спелости изменялось незначительно и варьировало от 18,3 г в раннеспелой группе до 27,7 г в среднепозднеспелой.

Масса 1000 семян является важным показателем продуктивности растений. Фенотипическое проявление признака варьирует не значительно и на 88 % обусловлено генетикой сорта. В зависимости от направления использования предпочтение отдается или мелким, или крупным семенам. В основном для использования на технические и кормовые цели выращивают среднекрупные сорта с массой 180–230 г. В коллекции представлены сортообразцы с различной крупностью, основную массу составляют сорта со средней (80 %) и большой (13,7 %) массой 1000 семян. Среднее значение признака по группам спелости варьирует незначительно – от 155 г у среднепозднеспелой до 172 г у среднеспелой. Среди раннеспелой и позднеспелой групп присутствуют сортообразцы с массой 1000 семян более 250 г.

Принято полагать, что содержание белка в семенах сои в большей степени определяется влиянием метеорологических факторов в течение всего вегетационного периода и его отдельных фаз. Тем не менее считают, что в различных почвенно-климатических зонах метеорологические факторы неодинаково воздействуют на биохимический состав семян сои. В среднем по коллекции было выявлено 11,6 % образцов с низким содержанием белка и 88,4 % образцов со средним содержанием белка в семенах.

Таким образом, проведенное фенотипирование гермоплазмы сои по структурным элементам продуктивности и качеству семян позволяет сделать вывод о том, что сортообразцы охватывают широкий спектр генетического разнообразия сортов сои, пригодных для возделывания в Среднем Приамурье. Использование сортообразцов в качестве исходного материала позволит создавать новые сорта сои с заданной архитектурой растения и обладающие необходимыми признаками для экстремальных условий окружающей среды Дальневосточного региона.

ПОСТКРИОГЕННАЯ ОЦЕНКА ЖИЗНЕСПОСОБНОСТИ ПЫЛЬЦЫ ПЛОДОВЫХ КУЛЬТУР (ГРУШИ И МИНДАЛЯ) ПОСЛЕ ХРАНЕНИЯ В ЖИДКОМ АЗОТЕ И ЕГО ПАРАХ (–183...–185 °С)

А. А. Хохленко, В. Г. Вержук

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

POST-CRYOGENIC ANALYSIS OF POLLEN VIABILITY IN FRUIT CROPS (PEAR AND ALMOND) AFTER STORAGE IN LIQUID NITROGEN AND ITS VAPORS (–183...–185 °С)

A. A. Khokhlenko, V. G. Verzhuk

N.I. Vavilov All-Russian Institute of Plant Genetic Resources (VIR) St. Petersburg, Russia, annhohlenko@yandex.ru

Криохраниение пыльцы растений является важным направлением в области сохранения генетических ресурсов и обеспечения устойчивого производства сельскохозяйственных культур. Данный метод позволяет сохранять жизнеспособность пыльцы на протяжении длительного времени, что особенно важно для таких культур, как груша и миндаль, которые играют значительную роль в садоводстве и мировой продовольственной системе. Криохраниение этих культур расширяет возможности в селекции, гибридизации, что позволяет увеличить ареал их выращивания и повысить урожайность, а также транспортировать генетический материал в различные регионы в зависимости от времени цветения.

Груша является ценной сельскохозяйственной культурой и занимает второе место (после яблони) по величине занятых площадей – около 230 тыс. га (из них промышленных насаждений – 110 тыс. га). Плоды груши являются ценным продуктом диетического питания человека. В их мякоти, составляющей 95 % массы плода, хорошее сочетание сахаров и кислот. Плоды содержат минеральные соли, азотистые (0,2–0,6 %), дубильные, ароматические вещества, а также витамины А, С, Р. Доля сухих веществ в мякоти составляет 15–22 %, воды – 78–85 %. Общий сахар варьирует от 7,0 до 10,4 (в % на сырую массу). Сахара состоят из фруктозы (5,5–9,3 %), глюкозы (1,4–3,7 %), сахарозы (0,5–4,6 %). Кислот (по яблочной) содержится от 0,1 до 0,6 %, а у видов от 0,3 до 2,2 %. Кроме яблочной, в плодах присутствуют лимонная и щавелевая кислоты. Плоды груши преимущественно используют в свежем виде. Кроме того, из них готовят сухофрукты, варенье, повидло, цукаты, бекмес (грушевый мед), компот, квас, эссенции для напитков, сидр, сок. Продуктивность меда с цветов груши – около 20 кг меда с 1 гектара насаждений. Нектар, собираемый пчелами, содержит мало сахара. Подсушенные семена груши перемалывают на суррогат для кофейного напитка. Сок у ряда сортов отличается высоким содержанием глюкозы, фруктозы и сахарозы. В соке груш меньше кислот, чем в соке яблок; 30–50 % кислот приходится на долю лимонной кислоты.

Миндаль – светолюбивое растение короткого дня. Цветет рано, нередко попадая под весенние заморозки, что отрицательно сказывается на урожайности, так как при температуре меньше 12 °С замедляется рост пыльцевой трубки. Семя миндаля чаще составляет 27–58 % от массы плода. Это ценный продукт для пищевой, медицинской и парфюмерной промышленности. В пищевой промышленности (на эти цели идет более 90 % семян) их используют для приготовления высококачественных кондитерских изделий, поскольку семена содержат в среднем 15–22 % белков и от 20 до 70 % жирных масел, отличающихся хорошей устойчивостью к высоким температурам при обработке.

Миндаль считается неплохим медоносом. Пыльцевая продуктивность его сортов варьирует от 30 до 120 мг/100 цветков.

Посткриогенная оценка жизнеспособности пыльцы была изучена на 5 сортах миндаля, собранных в 2021 г.: Низкий Первомайск 7, Низкий Добровеличка 9, Обыкновенный Karmiel, Фенцля ТБС и Urartu. В изучении также были 5 сортов груши 2023 г.: Талгарская Красавица, Триумф Пакгама, Бере Ляде, Скороспелка сладкая, Платоновская. В период цветения пыльцу извлекали из бутонов и подсушивали, затем помещали в криопробирки и замораживали методом витрификации – непосредственным погружением в жидкий азот. Образцы миндаля находились в жидком азоте около трех лет, образцы груши – год. После извлечения из криотанков пыльцу размораживали при комнатной температуре. Затем пыльцу проращивали на питательной среде, содержащей 10 % сахарозы и 0,8 % агар-агара, в течении суток в термостате при температуре 25°C для оценки жизнеспособности.

Данные по исходной жизнеспособности пыльцы груши находятся в пределе от 34,38 % (сорт Бере Ляде) до 73,82 % (сорт Талгарская Красавица). После криохранения – в пределе от 33,93 % (сорт Скороспелка Сладкая) до 66,41 % (сорт Платоновская). Почти все сорта продемонстрировали тенденцию к незначительному снижению жизнеспособности после жидкого азота – в среднем на 8,6 %, однако сорт Бере Ляде продемонстрировал незначительное увеличение жизнеспособности с 34,38 % до 36,18 % (на 1,8 %). Наименьшее снижение жизнеспособности отмечено у сорта Платоновская: с 72,48 % до 66,41 % (на 6,07 %); наибольшее – у сорта Скороспелка сладкая – с 48,29 % до 33,93 % (14,36 %).

Исходная жизнеспособность пыльцы сортов миндаля находится в диапазоне от 7,5 % (сорт Обыкновенный Karmiel) до 44,8 % (сорт Низкий Добровеличка 9). После криохранения жизнеспособность пыльцы четырех из пяти образцов возросла примерно вдвое – у сорта Низкий Добровеличка 9 с 44,8 % до 83,41 %; у сорта Низкий Первомайск 7 с 35,3 % до 65,18 %; у сорта Обыкновенный Karmiel с 7,3 % до 15,9 %. Однако сорт Urartu показал снижение жизнеспособности на 15,06 % (с 27,3 % до 12,24 %).

Динамика посткриогенных колебаний жизнеспособности пыльцы у груши после года криохранения и у миндаля после трех лет позволяет сделать вывод о том, что данные плодовые культуры хорошо переносят как краткосрочное, так и долгосрочное хранение в сверхнизких температурах жидкого азота, с увеличением жизнеспособности в зависимости от сорта и сохраняемой культуры.

СЕЛЕКЦИОННАЯ ЦЕННОСТЬ КОЛЛЕКЦИОННЫХ ОБРАЗЦОВ ЕЖИ СБОРНОЙ

В. В. Чумакова, Т. М. Миронова

Северо-Кавказский федеральный научный аграрный центр, Михайловск, Россия,
v.chumakova@fnac.center

BREEDING VALUE OF COCK'S-FOOT COLLECTION ACCESSIONS

V. V. Chumakova, T. M. Mironova

North Caucasian Federal Scientific Agrarian Center, Mikhailovsk, Russia,
v.chumakova@fnac.center

В нашей стране произрастают три вида ежи: сборная, Ашерсона и Воронова. Наиболее распространена ежа сборная (*Dactylis glomerata* L.), она возделывается в культуре и имеет большое значение в решении проблемы увеличения производства кормов. Ежа сборная дает самый ранний корм, может использоваться на зеленую массу, сено, травяную муку и выпас в чистовидовом посеве и в смеси с другими бобовыми и злаковыми травами. Ежа сборная не требовательна к плодородию почвы, очень отзывчива на орошение и удобрения. Культура является одним из важных компонентов в травосмесях, с успехом высевается в почвозащитных севооборотах, для закрепления склоновых и эродированных земель.

В природе ежа сборная довольно широко распространена как в горных и предгорных, так и в равнинных местообитаниях. Наиболее обильна в горностепном и лугостепном поясах. Поднимаясь, охватывает и субальпийскую зону до высоты 2000–2600 м над уровнем моря. Успешно может расти на полянах, опушках и в разреженных лесах.

Повышение эффективности возделывания ежи сборной возможно только на основе использования современных высокоурожайных сортов и гибридов культуры, приспособленных к возделыванию в конкретных почвенно-климатических условиях. В настоящее время в Государственный реестр селекционных достижений РФ внесено 29 сортов ежи сборной различной селекции. Только 6 сортов имеют правовую защиту. Для использования в сельскохозяйственном производстве Северо-Кавказского региона допущено 5 сортов. В Госреестре селекционных достижений РФ сохраняются старые российские сорта, районированные в 50-60 гг. прошлого столетия, за последние три года в Госреестр не было внесено ни одного нового сорта. Самый распространенный в Северо-Кавказском регионе сорт ставропольской селекции Генра был допущен к использованию в сельскохозяйственном производстве региона в 2002 году. Сорт имеет определенные изъяны: нестабильность семенной продуктивности, низкая облиственность, слабая энергия отрастания после скашивания, неравномерное созревание семян. Поэтому селекционные усилия должны быть направлены на максимальное устранение этих недостатков.

Успех селекционной работы определяется генетическим разнообразием и степенью изученности исходного материала, применением современных эффективных методов селекции. Ежа сборная является довольно полиморфным видом, имеет множество экотипов, различающихся по морфологическим признакам и биологическим особенностям. В селекции культуры наиболее приемлемыми методами являются межсортовая гибридизация, экспериментальный мутагенез, создание синтетических сортов – популяций, многократный, индивидуальный и другие способы отбора. Селекция на повышение продуктивности имеет первостепенное значение. При создании новых сортов ежи сборной большое внимание уделяется зимостойкости как одному из важных факторов надежности и урожайности культуры. Важными показателями в селекции культуры являются устойчивость к болезням и вредителям, полеганию, осыпанию семян и морозам.

Селекционная работа с ежой сборной в ФГБНУ «Северо-Кавказский ФНАЦ» (ранее Ставропольский НИИСХ) началась с конца 70-х годов прошлого столетия. На первом этапе была изучена мировая коллекция ВИР, включающая 100 образцов. В качестве исходного материала была привлечена большая коллекция дикорастущего и селекционного материала высокогорных и нагорных равнин Армении (12), ВНИИ кормов им. В.Р. Вильямса (24). На основе этого исходного материала с использованием метода многократного отбора были созданы новые высокопродуктивные сорта. В 2013 году в Госреестр селекционных достижений РФ был внесен первый сорт ставропольской селекции Севанская. Сорт сенокосно-пастбищного типа использования, характеризуется интенсивным отрастанием весной, дает в богарных условиях 1-2 полных укоса. Урожайность зеленой массы составляет 470, сухой – 118, семян – 11,5 ц/га. С 2017 года к использованию в Средневолжском регионе был допущен новый сорт ежи сборной Гегамская. Сорт отличается высокой облиственностью, толерантностью к болезням, засухоустойчивостью, зимо- и морозостойкостью. Новый сорт Союз-60 был внесен в Госреестр селекционных достижений РФ в 2021 году с допуском использования во всех регионах страны. Сорт отличают высокая устойчивость к засухе, скороспелость, облиственность, продуктивность, качество кормовой массы.

Эффективным методом создания нового исходного материала и сортов ежи сборной в нашей работе оказалось расчленение популяций, сравнительное изучение ее состава, удаление худших и отбор лучших по заданным хозяйственно-биологическим признакам генотипов или формирование определенного направления биотипов растений с последующим их поликроссным скрещиванием и созданием сложногибридных популяций. С использованием этого метода с привлечением местных дикорастущих популяций и сортов создан новый сорт ежи сборной Генра, внесенный в Госреестр селекционных достижений в 2002 году. Сорт отличается комплексом хозяйственно ценных признаков и свойств.

За последние годы нами были организованы широкомасштабные экспедиции по сбору дикорастущего материала в Южном и Северо-Кавказском федеральных округах, обмен сортообразцами с другими селекционными центрами страны и зарубежья.

В настоящее время в коллекционном питомнике посева 2022–2024 гг. изучается 100 образцов ежи сборной из мировой коллекции ВИР, 12 местных дикорастущих и 14 селекционных образцов, присланных из различных регионов РФ. Коллекционным образцам по годам жизни травостоя дана полная оценка полевой всхожести семян, роста и развития растений, облиственности, устойчивости травостоя к полеганию, поражению ржавчиной и листовой пятнистостью, продуктивности и качества кормовой массы. Для дальнейшего использования в селекционном процессе по урожайности зеленой и сухой массы выделены сорта Татырская (к-31309) и Хуторская (к-27514), а также два дикорастущих образца: к-22499 из Дании и местный из Шпаковского района Ставропольского края. Генетическими источниками семенной продуктивности выделены дикорастущие образцы к-22499 из Дании, к-29059 из Канады, к-29314 из Хакасии, к-31614 из Украины, а также местный из Шпаковского района Ставропольского края. По облиственности выделены дикорастущие образцы из коллекции ВИР к-21182 (Ирландия), к-30233 (Грузия) и сорт Хуторская (к-27514) из Краснодарского края. Генетическими источниками высоты травостоя для дальнейшей селекции отобраны дикорастущие образцы к-21083 из Великобритании и к-29064 из Красноярского края. Высокое содержание протеина в абсолютно сухой кормовой массе установлено у дикорастущих образцов из мировой коллекции ВИР к-10462 и к-10997 из Казахстана, а также сортов Былина и Нарымская 3, присланных из Томской области.

Создание новых сортов ежи сборной с использованием различного исходного материала показало, что до настоящего времени наибольший удельный вес имеют дикорастущие популяции различного эколого-географического происхождения.

*Исследование выполнено при поддержке Гранта РФФИ по научному проекту «Генетическое разнообразие популяций *Dactylis glomerata* L. как источник ценного исходного материала для селекции на продуктивность и качество», Соглашение № 24-26-00030 от 29.12.2023 г.*

РЕЗУЛЬТАТЫ ИЗУЧЕНИЯ КОЛЛЕКЦИОННОГО МАТЕРИАЛА ФАСОЛИ ЗЕРНОВОЙ В УСЛОВИЯХ СРЕДНЕГО ПРИАМУРЬЯ

А. Ю. Шевченко, Т. А. Асеева

Хабаровский федеральный исследовательский центр Дальневосточного
отделения Российской академии наук (ХФИЦ ДВО РАН), Дальневосточный научно-
исследовательский институт сельского хозяйства – обособленное подразделение ХФИЦ
ДВО РАН, Хабаровский край, Россия, kondrateva.aleksa@list.ru

RESULTS OF STUDYING COMMON BEAN ACCESSIONS UNDER THE CONDITIONS OF THE MIDDLE AMUR REGION

A. Yu. Shevchenko, T. A. Aseeva

Khabarovsk Federal Research Center of the Far Eastern Branch of the Russian Academy
of Sciences (KhFRC FEB RAS), Far Eastern Agricultural Research Institute – subdivision of the
KhFRC FEB RAS, Khabarovsk Territory, Russia, kondrateva.aleksa@list.ru

Фасоль обыкновенная (*Phaseolus vulgaris* L.) ценится за высокую питательную ценность и используется в пищу во многих странах мира. Эта культура приобрела популярность не только в личных подсобных хозяйствах, но и в условиях производства, так как находит широкое применение в различных отраслях пищевой промышленности. Она характеризуется устойчиво высоким содержанием белка, которое колеблется от 16,4 % до 35 % и в среднем составляет 23–26 %, что немаловажно для обеспечения населения высококачественными продуктами питания.

В условиях Среднего Приамурья продолжительность вегетационного периода оказывает значительное влияние на созревание семян фасоли, а значит, и на качество семенного материала. Лимитирующие факторы при выборе сортов для селекции – ограниченный тепловой ресурс и реакция сортов на продолжительность дня. Также основными требованиями, предъявляемыми к сортам фасоли, являются устойчивость к полеганию, осыпанию и прорастанию на корню, раннее и дружное созревание, хорошие качественные показатели. Сорта должны быть высокотехнологичными в производстве, иметь детерминантный тип роста и высокое прикрепление бобов.

Поэтому решение задач, направленных на подбор высокопродуктивных технологичных сортов со стабильной реализацией продуктивного потенциала в любых гидротермических условиях вегетации, является весьма актуальным.

Цель изучения – селекция раннеспелых высокотехнологичных сортов фасоли с высоким содержанием белка, пригодных к возделыванию в Дальневосточном регионе.

Исследования проведены в 2020–2022 гг. в полевом севообороте ДВ НИИСХ согласно методике полевого опыта. Объектами изучения служили 20 сортообразцов фасоли обыкновенной зернового направления использования из коллекции ВИР, сорт-стандарт Хабаровская (селекция ДВНИИСХ).

Научные исследования проводили согласно методическим указаниям «Коллекция мировых генетических ресурсов зерновых бобовых ВИР: пополнение, сохранение и изучение». Статистическая обработка данных осуществлялась с использованием программы Microsoft Excel.

Исследованиями установлены сортообразцы, обладающие комплексом хозяйственно ценных признаков с хорошей адаптацией к почвенно-климатическим факторам Дальневосточного региона.

Продолжительность вегетационного периода у исследуемых сортообразцов в среднем за годы изучения варьировала от 82 дней у образца к-2330 (США) до 106 дней у к-11280 (Швеция). Образцы к-12711 (Бразилия) и к-4432 (Куба) выделились по пригодности к механизированной уборке (высокорослые, с толстым стеблем,

с максимальным расстоянием от кончика боба до почвы и высоким прикреплением первого боба). Наибольшее число бобов на растении было сформировано сортообразцами к-13518 (Канада) – 26,7 шт., к-4432 (Куба) – 23,2 шт., к-12711 (Бразилия) – 23 шт. По продуктивности одного растения выделены сортообразцы к-12711 (Бразилия), к-13664 (Швеция), к-15114 (Нидерланды). Максимальное число семян с растения сформировали сортообразцы к-12711 (Бразилия), к-4432 (Куба), к-13518 (Канада).

Образцы к-12711 (Бразилия), к-4432 (Куба), к-11280 (Швеция) лидировали по числу семян в бобе. Устойчивостью к септориозу (по данным за два года) отличились сортообразцы: к-13518 (Канада), к-13390 (Индия), к-1202 (Германия), к-15237 (РФ), к-4432 (Куба), к-12711 (Бразилия), к-11280 (Швеция). Сортообразцы к-12711 (Бразилия) и К-4432 (Куба) обладают комплексом ценных признаков.

Проведение объективной оценки изучаемых образцов фасоли обыкновенной позволило выделить наиболее перспективные сортообразцы, что в дальнейшем позволит использовать их в качестве родительских форм для получения нового гибридного материала.

ИЗУЧЕНИЕ ЗЕРНОБОБОВЫХ КУЛЬТУР ИЗ КОЛЛЕКЦИИ ВИР В ДАЛЬНЕВОСТОЧНОМ НИИСХ

О. Л. Шепель, Т. А. Асеева

Хабаровский федеральный исследовательский центр Дальневосточного
отделения Российской академии наук (ХФИЦ ДВО РАН), Дальневосточный научно-
исследовательский институт сельского хозяйства – обособленное подразделение ХФИЦ
ДВО РАН, Хабаровский край, Россия, sestr71@rambler.ru

A STUDY OF GRAIN LEGUME CROPS FROM THE VIR COLLECTION AT THE FAR EASTERN AGRICULTURAL RESEARCH INSTITUTE

O. L. Shepel, T. A. Aseeva

Khabarovsk Federal Research Center of the Far Eastern Branch of the Russian Academy of
Sciences (KhFRC FEB RAS), Far Eastern Agricultural Research Institute – subdivision of the
KhFRC FEB RAS, Khabarovsk Territory, Khabarovsk Territory, Russia, sestr71@rambler.ru

Развитие устойчивого и эффективного сельскохозяйственного производства в значительной степени зависит как от природно-климатических ресурсов региона, так и от представленного видового ассортимента возделываемых культур. Широкое разнообразие выращиваемой аграрной продукции позволяет максимально удовлетворять потребности человека в сбалансированном питании, тем самым решая вопросы продовольственной безопасности нашей страны в современном мире. Дальний Восток славится прежде всего обширными посевами сои, а такие ценные зернобобовые культуры, как горох и фасоль, практически не представлены в производстве. Проведенный нами анализ доступного ассортимента данных культур показал острую необходимость в изучении особенностей реализации генетического потенциала сортов в экстремальных условиях Среднего Приамурья. Отсутствие сортов гороха и фасоли с максимальной адаптацией к меняющимся условиям окружающей среды сдерживает широкое использование этих культур, а рыночное предложение не всегда соответствует ожидаемому результату. Поэтому с 2015 года было принято решение о разворачивании селекционного процесса по гороху и фасоли. Основой для успешной селекции является обширный исходный материал различного эколого-географического происхождения и в этом плане ФГБНУ «Федеральный исследовательский центр Всероссийский институт генетических ресурсов растений имени Н.И. Вавилова (ВИР)» занимает главенствующую позицию, являясь крупнейшим в Европе собирателем и хранителем мирового разнообразия уникальных видовых и сортовых ресурсов.

Изучение исходного материала для селекции гороха из коллекции ВИР начато с 2016 года на полях селекционного севооборота ДВ НИИСХ в районе с. Восточное Хабаровского района Хабаровского края. Почва опытного участка лугово-бурая оподзоленно-глеевая тяжелосуглинистая. Изучение коллекции проводится в соответствии с методическими указаниями ВИР. За эти годы изучены 120 образцов различного направления использования отечественной и зарубежной селекции, включающие в себя как общепризнанные доноры ценных селекционных признаков, так и современные сорта. Образцы отличались по морфологическим, биологическим и хозяйственно ценным признакам, из них основная масса представлена усатыми формами. При отборе исходного материала особое внимание уделялось раннеспелым детерминантным образцам, имеющим толстый стебель с короткими междоузлиями.

Формирование коллекции фасоли обыкновенной также начато с 2016 года, на сегодняшний день изучено 69 образцов фасоли зернового и овощного направления использования любезно предоставленными ВИР. Среди овощной фасоли присутствуют сорта с желтой, зеленой и фиолетовой окраской бобов в технической спелости различного

эколого-географического происхождения (Россия, Франция, США, Германия, Швеция, Канада, Бразилия и др.). Экстремальные погодные условия, складывающиеся в период формирования и налива и бобов на фоне муссонных дождей, обуславливают поиск источников, устойчивых к длительному переувлажнению почвы и присутствующим в естественной среде довольно агрессивным фитопатогенам. При отборе исходного материала основной акцент делается на раннеспелые образцы со стабильно высокой урожайностью как семян, так и зеленой лопатки с высоким качеством продукции.

Сое как стратегически важной и основной культуре на Дальнем Востоке уделяется основное внимание. Необходимо отметить, что наряду с воспроизведением и сохранением уникального материала, созданного в ДВ НИИСХ начиная с 1938 года, изучению генетического разнообразия сои уделяется большое внимание. Постоянный поиск новых источников ценных признаков предполагает расширение базы исходного материала и изучение современных достижений селекционеров. В этой связи начиная с 2017 года коллекция сои пополнилась 104 образцами ВИР. Наряду с российскими сортами в коллекции присутствуют образцы из Швеции, Польши, Украины, Германии, Канады и Китая. Ведется поиск источников раннеспелости, крупносемянности и высокого содержания белка.

В результате изучения коллекционных образцов выделенные источники важных селекционных признаков вовлекаются в селекционный процесс, что служит расширению разнообразия нового гибридного материала.



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



Национальный центр
генетических ресурсов
растений



ПРЕЗИДЕНТСКАЯ
БИБЛИОТЕКА



МЕРОПРИЯТИЕ № 3. ПОКОЛЕНИЕ F3: МОЛОДЕЖНАЯ СЕССИЯ. СТЕНДОВЫЕ ДОКЛАДЫ

EVENT No. 3. GENERATION F3: YOUTH SESSION. POSTER PRESENTATIONS

Молодежная конференция

**ПОКОЛЕНИЕ
F3**

Поколение F3 – молодежная сессия, посвящена актуальным вопросам изучения и использования коллекций генетических ресурсов растений:

к 130-летию со дня учреждения Бюро по прикладной ботанике при Ученом комитете Министерства земледелия и государственных имуществ Российской империи



МОЛЕКУЛЯРНОЕ МАРКИРОВАНИЕ ГЕНОВ УСТОЙЧИВОСТИ К БУРОЙ И ЖЕЛТОЙ РЖАВЧИНАМ У ОБРАЗЦОВ ТВЕРДОЙ ПШЕНИЦЫ (*TRITICUM DURUM* DESF.) ИЗ КОЛЛЕКЦИИ ВИР

А. С. Андреева

Федеральный исследовательский центр Всероссийский институт генетических ресурсов растений имени Н.И. Вавилова (ВИР), Санкт-Петербург, Россия, karandash_85@inbox.ru

MOLECULAR MARKING OF GENES FOR RESISTANCE TO LEAF AND YELLOW RUST IN DURUM WHEAT (*TRITICUM DURUM* DESF.) ACCESSIONS FROM THE VIR COLLECTION

A. S. Andreeva

N.I. Vavilov All-Russian Institute of Plant Genetic Resources (VIR), St. Petersburg, Russia, karandash_85@inbox.ru

В последние годы во многих регионах выращивания твердой пшеницы (*Triticum durum* Desf.) наблюдаются массовые вспышки грибных болезней, среди которых наиболее распространенными и вредоносными являются бурая ржавчина (возбудитель *Puccinia triticina* Erikss.) и желтая ржавчина (возбудитель *Puccinia striiformis* West.). Бурая ржавчина отмечается практически ежегодно и наносит большой урон урожаю вследствие часто эпифитотийного характера распространения, что редко для проявления желтой ржавчины, хотя болезнь способна развиваться отдельными очагами или в пределах целых регионов, возделывающих пшеницу, и встречаемость ее увеличилась. Наиболее эффективным способом борьбы с болезнью является создание устойчивых сортов твердой пшеницы, что в свою очередь делает актуальной задачу расширения генетического полиморфизма исходного материала для селекции. Использование молекулярных маркеров значительно повышает эффективность идентификации исходного материала.

Цель настоящей работы – с использованием молекулярных маркеров выделить образцы твердой пшеницы из коллекции Всероссийского института генетических ресурсов растений имени Н.И. Вавилова (ВИР), содержащие гены устойчивости к бурой и желтой ржавчинам (*Lr*, *Yr*), для дальнейшего использования в качестве исходного материала для маркер-ориентированной селекции на устойчивость к грибным заболеваниям

В исследование было включено 69 образцов твердой пшеницы из коллекции ВИР. Это 49 образцов, выделенных как источники устойчивости к бурой ржавчине в результате трехлетнего изучения на Дагестанской опытной станции – филиале ВИР (2019–2021) и лабораторной проверки в ВИЗР в 2019 г. В качестве контроля были взяты изогенные линии мягкой пшеницы Thatcher (Tc) с генами устойчивости *Lr3*, *Lr9*, *Lr10*, *Lr19*, *Lr24*, *Lr26*. Второй набор – 20 образцов твердой пшеницы из Азербайджана, которые по результатам многолетних изучений на опытных станциях ВИР были выделены как источники устойчивости к желтой ржавчине. Стандартами служили 4 образца яровой мягкой пшеницы из Австралии с генами *Yr5*, *Yr10*, *Yr36*.

Молекулярно-генетический анализ с использованием ПЦР-метода проводили в 2023–2024 гг. в отделе генетики ВИР. Выделение геномной ДНК осуществляли по методике Д. Б. Дорохова и Э. Клоке (Dorokhov, Klocke, 1997) в модификации, разработанной в отделе генетики ВИР (Anisimova et al., 2018). Качество полученных фракций ДНК проверяли методом электрофореза в 1-процентном агарозном геле. Анализ показал, что полученная ДНК не была фрагментирована и для отдельных образцов имела очень высокие (более 1000 нг/мкл) концентрации. ПЦР проводили в смеси объемом 25 мкл, состав которой, а также условия амплификации были определены разработчиками соответствующих праймеров. Прямой праймер для амплификации маркера STS UHW89-B (ген *Yr36*) содержал флуоресцентную метку. Фрагменты ПЦР с флуоресцентной меткой

анализировали на генетическом анализаторе Нанофор-05 (Синтол, Россия) в ПААГ. Длину фрагмента определяли с помощью маркера ММ (С-450, Синтол). Перед началом анализа фрагменты денатурировали в течение 5 мин при 95 °С.

Выделена ДНК из проростков всех образцов, включенных в исследование. ПЦР-анализ проводили с использованием шести пар микросателлитных праймеров STS для идентификации генов устойчивости к бурой ржавчине – *Lr9* (STS 5550), *Lr10* (STS Fi.2245/Lr10-9R2), *Lr19* (STS Gb, SCS 265), *Lr20* (STS 638), *Lr3a* (STS UBC840), *Lr26* (P6M12-P) и трех пар для идентификации генов устойчивости к желтой ржавчине – *Yr5* (STS 7,8), *Yr10* (STS Xrsp3000), *Yr36* (STS UHW89-B).

В результате проведенных исследований у всех образцов изучаемой выборки твердой пшеницы идентифицированы молекулярные маркеры генов устойчивости. У 49 образцов подтвердилось наличие генов *Lr10*, *Lr20*, *Lr26*, контролирующих устойчивость к бурой ржавчине. Маркеры генов *Lr3a*, *Lr9* и *Lr19* не обнаружены ни у одного образца.

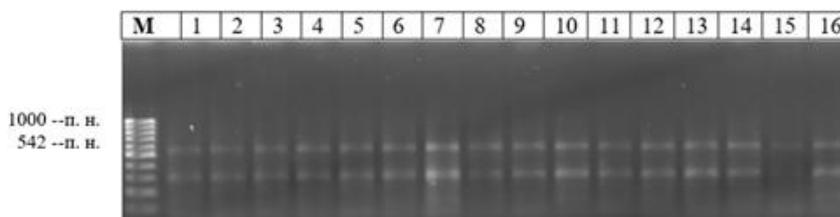


Рис. 1. Идентификация гена *Lr20* с комбинацией праймеров *SCS638F* / *SCS638R*. Маркерный фрагмент имеет длину 542 пн

У 20 образцов обнаружены маркеры генов *Yr5*, *Yr10*, *Yr36*, контролирующих устойчивость к желтой ржавчине. Из них 10 образцов имели маркеры всех трех генов, 6 – двух генов в различной комбинации, у двух образцов выявлен маркер гена *Yr36*. В частности, маркер гена *Yr10* был идентифицирован у 16 образцов (рис. 2).

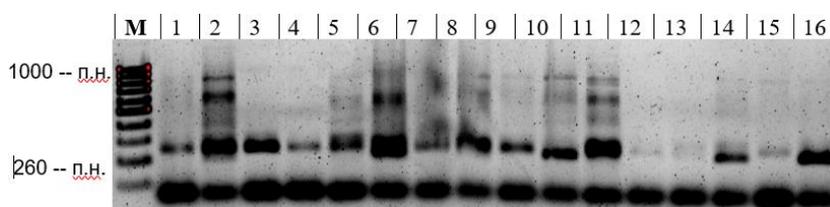


Рис. 2. Идентификация гена *Yr10* с комбинацией праймеров *Xrsp3000F* / *Xrsp3000R*. Маркерный фрагмент имеет длину 260 пн

Полученные результаты важны для целенаправленного и эффективного использования образцов коллекции ВИР как исходного материала для маркер-ориентированной селекции на устойчивость к грибным заболеваниям.

АЛЛЕЛЬНЫЙ СКРИНИНГ ГЕНОВ *R2R3-MYB*, КОНТРОЛИРУЮЩИХ ОКРАСКУ ЦВЕТКА ЛЬВИНОГО ЗЕВА (*Antirrhinum majus* L.)

И. В. Барабанов, Р. С. Рахмангулов

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

ALLELIC SCREENING OF THE *R2R3-MYB* GENES CONTROLLING THE COLORATION IN SNAPDRAGON (*Antirrhinum majus* L.)

I. V. Barabanov, R. S. Rakhmangulov

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

Сегодня рынок декоративных культур Российской Федерации занят в основном сортами зарубежной селекции. Ускоренное замещение импорта и создание конкурентоспособных сортов требуют вовлечения в селекционный процесс молекулярно-генетических и биотехнологических методов.

Изучение аллельных различий генов, кодирующих хозяйственно ценные признаки декоративных растений – первый этап применения современных методов генетического редактирования растений. В качестве модельного растительного объекта для изучения аллельного разнообразия генов представляется актуальным популярное однолетнее декоративное растение – львиный зев (*Antirrhinum majus* L.).

Первоначально в базе данных NCBI были обнаружены CDS – кодирующие последовательности ДНК генов семейства *R2R3-MYB*, регулирующих транскрипцию генов, ассоциированных с фенилпропаноидным биосинтетическим путем *A. majus*. У львиного зева процесс биосинтеза антоцианов находится под контролем трех генов семейства *MYB* – *Roseal1*, *Roseal2* и *Venosa*, притом продукты первых двух генов отвечают за накопление пигмента в тканях венчика, а последний – за формирование более темной окраски жилок, так называемой «венозной окраски». Показано, что влияние фактора *Roseal1* избыточно относительно прочих, потому он выбран в качестве первостепенного объекта исследования. К кодирующей последовательности гена *Roseal1* сконструированы праймеры.

Для получения значимых данных об аллельном разнообразии гена *Roseal1* была сформирована выборка образцов, контрастных по окраске цветка: ‘Вильдрозе’ (фиолетовый), ‘Низкий Белый’ (белый), ‘Соната Белая’ (белый), ‘Кримсон Вельвет’ (темно-красный).

Секвенирование кодирующей последовательности возможно при получении кДНК вышеуказанных сортов. Выделенную РНК доводили до концентрации 100 нг/мкл, после чего проводили обратную транскрипцию. Качество полученной кДНК проверяли путем постановки классической ПЦР с праймерами к гену домашнего хозяйства (*UBQ1*, кодирует убиквитин) и гену интереса (*Roseal1*). Секвенирование последовательности осуществляли при помощи генетического анализатора Нанофор-05 («ООО Синтол»). По результатам секвенирования проводили анализ полученных секвенограмм с привлечением программного обеспечения UGENE и MEGA11.

Полученные фрагменты частично совпадают с референсной последовательностью. Секвенированные фрагменты гена *Roseal1* образцов, контрастных по окраске венчика, значительно отличаются – сорта ‘Низкий Белый’ и ‘Соната Белая’ показывают наличие однонуклеотидных замен, делеций и инсерций относительно окрашенных образцов, а также относительно референсной последовательности. Указанные мутации могут оказаться значимыми, препятствуя синтезу продукта или же влияя на его функциональность. Параллельно проведена первичная оценка уровня экспрессии гена *Roseal1* у образцов *A. majus* методом ПЦР в реальном времени. Сравнение производили относительно уровня

экспрессии гена домашнего хозяйства (*UBQ1*). Показано, что у образцов с темно-красной и фиолетовой окраской венчиков (сорта 'Кримсон Вельвет' и 'Вильдрозе') уровень экспрессии был выше, чем у образцов с белыми венчиками ('Низкий Белый', 'Соната Белая'), что подтверждает биологическую роль гена *Roseal*, описанную в литературе.

Работа выполнена в рамках государственного задания (№ FGEM-2022-0011 «Разработка подходов ускоренной селекции для улучшения хозяйственно ценных признаков декоративных и ягодных культур»).

ВЛИЯНИЕ СИНТЕЗА КАРТАМИНА НА ОКРАСКУ СОЦВЕТИЙ САФЛОРА КРАСИЛЬНОГО (*CARTHAMUS TINCTORIUS* L.)

В. Д. Бемова

Федеральный исследовательский центр Всероссийский институт генетических ресурсов растений имени Н.И. Вавилова (ВИР), Санкт-Петербург, Россия,
viktoria.bemova@yandex.ru

THE EFFECT OF CARTAMINE SYNTHESIS ON THE COLOR OF SAFFLOWER (*CARTHAMUS TINCTORIUS* L.) FLOWERS

V. D. Bemova

N.I. Vavilov All-Russian Institute of Plant Genetic Resources (VIR), St. Petersburg, Russia,
viktoria.bemova@yandex.ru

Сафлор (*Carthamus tinctorius* L.), представитель семейства Сложноцветные (Asteraceae) относится к числу древнейших сельскохозяйственных культур, возделываемых человеком. Сафлор применяется в медицине и используется при составлении букетов. Его соцветия используют для получения уникального пигмента – катамина, который применяется для окраски тканей, изготовления косметики и в качестве пищевого красителя. Картамин, димерный хинохалкон, умеренно растворимый в воде, получают из оранжевых и красных соцветий сафлора.

Получение картамина путем синтеза в промышленных масштабах на данный момент неосуществимо, поэтому целесообразно изучение механизма биосинтеза пигментов в соцветиях сафлора для получения высококартаминовых растений путем селекции.

Окраска соцветий обусловлена взаимодействием нескольких генов, не все из которых на данный момент идентифицированы. В 2021 году группой японских ученых были идентифицированы гены картамин-синтазы, отвечающие за ферментативный процесс образования картамина из прекартамина. Однако влияние картамин-синтазы в соцветиях сафлора на их окраску на разных стадиях развития до сих пор остается невыясненными.

Образование картамина в желто-оранжевых и красных соцветиях сафлора, предположительно, является процессом, связанным со старением. Венчик картаминообразующих соцветий сафлора до полного цветения имеет цвет от желтого до оранжевого, а затем меняет цвет на красный при увядании цветка.

Изучение 32 образцов сафлора коллекции ВИР выявило различие в окраске соцветий на разных стадиях цветения, что может быть связано с разницей в уровнях экспрессии генов, кодирующих картамин-синтазу. Были выявлены образцы, контрастные по окраске на разных стадиях цветения. Соцветия некоторых образцов еще на ранних стадиях цветения приобретают оранжевую окраску, что свидетельствует об экспрессии генов картамин-синтазы, что, предположительно, влияет на количество синтезируемого пигмента.

Работа выполнена за счет средств государственного задания № FGEM-2022-0011.

ХАРАКТЕРИСТИКА ОБРАЗЦОВ КОЛЛЕКЦИИ ВИР ПО АЛЛЕЛЬНОМУ СОСТАВУ ГЕНОВ *RHT-B1* И *RHT-D1*

К. А. Волков, И. В. Поротников, Е. В. Зуев, О. А. Ляпунова, О. Ю. Антонова
Федеральный исследовательский центр Всероссийский институт генетических ресурсов растений имени Н.И. Вавилова (ВИР), Санкт-Петербург, Россия, kirill48151@mail.ru

CHARACTERIZATION OF ACCESSIONS FROM THE VIR COLLECTION ACCORDING TO ALLELIC COMPOSITION OF THE *RHT-B1* AND *RHT-D1* GENES

К. А. Volkov, I. V. Porotnikov, E. V. Zuev, O. A. Lyapunova, O. Yu. Antonova
N.I. Vavilov All-Russian Institute of Plant Genetic Resources (VIR), St. Petersburg, Russia, kirill48151@mail.ru

Пшеница является основной продовольственной культурой, которая занимает первое место по площади посевов и третье по величине собранного урожая (FAO, 2021). Высокая урожайность во многом достигается за счет широкого применения короткостебельных сортов, устойчивых к полеганию. У пшеницы и ее ближайших родственников обнаружено не менее 26 генов семейства *Rht* (Reduced height), каждый из которых может иметь множество аллелей, оказывающих влияние на рост растений (McIntosh et al., 2018).

Недавно в ВИР была разработана система ДНК-маркеров для детекции основных аллелей, наиболее часто используемых в селекции генов *Rht-B1* и *Rht-D1* (Porotnikov et al., 2022). Система включает оригинальные CAPS и dCAPS-маркеры для детекции нонсенс-мутаций (*Rht-B1b*, *Rht-B1e*, *Rht-B1p* и *Rht-D1b*) а также привлеченные из литературы InDel-маркеры аллелей, связанных с инсерциями (*Rht-B1c*, *Rht-B1h*, *Rht-B1-i1*).

Данная система была использована для анализа образцов из коллекции пшеницы ВИР, отобранных по признаку короткостебельности на основании многолетних наблюдений. Всего было изучено 115 образцов твердой и 209 мягкой пшеницы. Контролями служили сорта с известными аллелями генов *Rht-B1* и *Rht-D1* (Porotnikov et al., 2022).

В изученной выборке твердой пшеницы наиболее часто (37,4 %) встречался аллель *Rht-B1b*. Также были выявлены образцы с аллелями *Rht-B1e* (4,35 %) и *Rht-B1h* (5,22 %). У мягкой пшеницы самым распространенным (34,45 %) оказался аллель *Rht-D1b*, также значительную часть выборки составили образцы с нонсенс-мутацией *Rht-B1b* (11,96 %) и инсерциями в регуляторных областях *Rht-B1i* (11,48 %) и *Rht-B1h* (6,7 %). Единичные образцы содержали аллель *Rht-B1e* (3,83 %), аллель *Rht-B1c* в изученной выборке отсутствовал. У остальных образцов анализируемые аллели выявлены не были, то есть их короткостебельность связана с действием других генов.

На основе полученной информации была сформирована выборка образцов с известным аллельным составом генов *Rht-B1* и *Rht-D1*. Выборка включала группу образцов с различными аллелями: *Rht-B1b* – 23 образца, *Rht-B1e* – 8 образцов, *Rht-B1h* – 7 образцов, *Rht-B1i* – 16 образцов, *Rht-D1b* – 26 образцов. В мае 2024 года по данным изучаемой нами выборки был произведен посев образцов на территории научных полей НПБ «Пушкинские и Павловские лаборатории ВИР». В августе была проведена первая повторность фенотипической оценки каждой исследуемой группы по признаку высоты растений. В результате были выявлены некоторые отличия по высоте у растений, несущих разные аллели локусов *Rht-B1* и *Rht-D1*. Максимальные показатели наблюдали у носителей аллели *Rht-B1i* ($67,3 \pm 14,1$ см). Данная мутация, по литературным данным, по сравнению с другими нонсенс-мутациями имеет альтернативное действие на признак и может не уменьшать, а увеличивать высоту растений по сравнению с диким типом (Lou et al., 2016). Действительно, в нашей выборке были выявлены два образца с высотой $97,5 \pm 6,3$ см

и $102,0 \pm 6,5$ см, превышающей показатели контрольного образца ($95,5 \pm 3,8$ см). Однако остальные образцы с аллелью *Rht-B1i* имели низкую высоту. Не исключено, что действие аллели *Rht-B1i* в их генотипах скомпенсировано влиянием других генов короткостебельности. Наибольшее влияние среди изученных оказывала аллель *Rht-B1b*, растения с этой аллелью имели минимальные показатели по высоте – $58,8 \pm 7,5$ см.

В результате коллекция короткостебельных образцов мягкой и твердой пшеницы ВИР была структурирована по аллельному составу генов *Rht-B1* и *Rht-D1*. Были выделены образцы, перспективные для поиска других генов короткостебельности.

Работа выполнена при поддержке Государственного задания FGEM-2022-0008.

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ПРИЕМОВ КРИОТЕРАПИИ В ЦЕЛЯХ ПОЛУЧЕНИЯ ОЗДОРОВЛЕННЫХ МИКРОРАСТЕНИЙ КАРТОФЕЛЯ

О. В. Ворошнина^{1,2}

¹ Федеральный исследовательский центр Всероссийский институт генетических ресурсов растений имени Н.И. Вавилова (ВИР), Санкт-Петербург, Россия, olg-voroshnina@yandex.ru

² ООО «Алчак», Казань, Россия, alchak-lab@mail.ru

IMPROVEMENT OF CRYOTHERAPY TECHNIQUES IN ORDER TO OBTAIN HEALTHY POTATO MICROPLANTS

O. V. Voroshnina^{1,2}

¹ N.I. Vavilov All-Russian Institute of Plant Genetic Resources (VIR), St. Petersburg, Russia, olg-voroshnina@yandex.ru

² Alchak LLC, Kazan, Russia, alchak-lab@mail.ru

Картофель имеет важное экономическое значение. Картофель вегетативно размножающаяся культура и в полевых условиях сильно поражается вирусами, снижающими качество и количество клубней, поэтому требует сохранения и оздоровления от патогенов. Одним из перспективных и эффективных методов выращивания безвирусных растений является криотерапия. Совершенствование метода криотерапии важно для получения оздоровленных от вирусной инфекции растений картофеля и последующего репродуцирования оригинального и элитного семенного материала.

В результате тестирования на наличие вирусов PVY, PVX, PVS, PVM, PLV, PVA и вириода PSTV в микрорастениях картофеля до процедуры оздоровления методами ИФА и ОТ-ПЦР-РВ нами были выявлены вирусы в сортах: Gala – PVY; Rosara – PVX; Vineta – PVX, PVM; Riviera – PVX, PVS; Red Scarlett – PVY. Вирусы PLV, PVA и вириод обнаружены не были. Наибольшая встречаемость была обнаружена у вируса X (60 %), а наименьшая у PVM и PVS (20 %); встречаемость PVY – 40 %.

Для оздоровления пробирочных растений использовали модифицированный метод дроплет-витрификации, который применяется для криоконсервации и криотерапии апексов *in vitro* растений картофеля во Всероссийском институте генетических ресурсов растений им. Н.И. Вавилова (ВИР).

Для определения наиболее оптимального состава криопротектора и времени инкубации в нем эксплантов перед погружением в жидкий азот нами были выбраны два криопротектора – PVS2 (30 % глицерина, 15 % полиэтиленгликоля, 15 % диметилсульфоксида и 0,4 М сахарозы) и PVS3 (50 % глицерола и 50 % сахарозы) и время выдерживания в них 15, 30, 45 и 60 минут перед погружением в жидкий азот.

Наибольшая жизнеспособность (85–95 %) и регенерационная способность (65–85 %) наблюдалась на восьмой неделе в вариантах с PVS2 и PVS3 при инкубации в них 15 и 30 минут. Наименьшей жизнеспособностью (55–70 %) обладали апексы при инкубации в этих криопротекторах 45 и 60 минут. Наибольшую регенерационную способность (65–85 %) на восьмой неделе показали апексы микрорастений сортов Rosara, Vineta, Gala, Red Scarlett при инкубации 15 и 30 минут в PVS3 по сравнению с PVS2 (40–45 %). Причем у сортов Vineta и Gala регенерация апексов (62–71 %) наблюдалась и на шестой неделе, у сорта Gala (44–50 %) – на третьей неделе. У апексов микрорастений сорта Riviera наблюдалась низкая регенерационная способность (40 %) на восьмой неделе. Вероятно, это связано с тем, что сорт Riviera поражен двумя вирусами (PVX и PVS).

Было решено в дальнейшем использовать время выдержки в криопротекторах PVS2 и PVS3 в течении 15 и 30 минут, т. к. данное время выдержки показало более высокий

процент жизнеспособности и регенерации образцов по сравнению с более длительной обработкой.

Далее было проведено изучение способности эксплантов к пост-криогенному восстановлению.

Было получено, что жизнеспособность у всех сортов во всех вариантах была выше при 30 минутах инкубации в обоих криопротекторах, но снижалась к 8 неделе. Причем, жизнеспособность была одинакова, т. е. достоверно не отличалась в вариантах PVS2 и PVS3. Наиболее высокая жизнеспособность апексов после замораживания-оттаивания была у сортов Vineta, Gala, Red Scarlett и Riviera (75 %) при инкубации 30 минут в PVS3 на третьей неделе, а самая низкая – у сорта Riviera (53 %) при инкубации 15 минут в PVS2 на восьмой неделе. Регенерационная способность была выше к 8 неделе и при выдерживании в течении 30 минут (по сравнению с 15-минутной инкубацией) во всех образцах и во всех вариантах. Достоверно наибольшая регенерационная способность наблюдалась на восьмой неделе при инкубации 30 минут в криопротекторе PVS3 (63–69 %) по сравнению с PVS2 (48–54 %) во всех сортах. Можно предположить, что это связано с отсутствием токсического эффекта ДМСО в среде инкубации.

ЭФФЕКТИВНОСТЬ ПРОТРАВИТЕЛЯ ДЕПОЗИТ СУПРИМ, МЭ В ЗАЩИТЕ ЗЕРНОВОЙ ФАСОЛИ ОТ БОЛЕЗНЕЙ

Н. А. Гаджикурбанов

Всероссийский научно-исследовательский институт фитопатологии, Московская область,
Россия, gadzhikurbanov.n@betaren.ru

EFFICIENCY OF THE PROTECTANT DEPOSIT SUPREME, ME APPLIED ON COMMON GRAIN BEANS AGAINST DISEASES

N. A. Gadzhikurbanov

All-Russian Research Institute of Phytopathology, Moscow Province, Russia,
gadzhikurbanov.n@betaren.ru

Одним из наиболее широко применяемых приемов снижения инфекционного фона в посевах зерновых и зернобобовых культур является протравливание семян фунгицидными композициями. Эффективность этих обработок во многом зависит от применяемых действующих веществ и их препаративных форм (Гиясов и др., 2020). Подавление инфекции на семенах предотвращает ее распространение в почве, что является важной задачей, обеспечивающей благоприятные условия выращивания культур (Соколов и др., 2020; Семенов и др., 2019). В настоящее время одним из путей преодоления резистентности патогенных организмов является применение в защите растений фунгицидных композиций, обеспечивающих устойчивый эффект (Патент № 2717935 С1, 2020). Исследование фунгицидных свойств современных трехкомпонентных комплексов в защите зерновой фасоли от микозов является актуальной задачей.

Исследования проводились на лабораторной базе ФГБНУ ВНИИФ и АО «Щелково Агрохим». Зерновая фасоль рассматривается как альтернатива сое, гороху и нуту. Ее ареал возделывания ежегодно расширяется, что связано с появлением новых сортов. Применение современных протравителей в защите фасоли от микозов исследовано недостаточно, вместе с тем представляет актуальность для производства. В качестве средства защиты была испытана композиция препарата Депозит Суприм, МЭ, в виде микроэмульсии, регламенты применения которой для фасоли не разработаны. Флудиоксонил – контактный фунгицид широкого спектра действия с длительным защитным периодом. Не проникает в проросток, но защищает зону роста корня от грибной инфекции, в особенности от фузариозной. Имазалил обладает локально-системным действием, защищает корни. Действие имазалила основано на ингибировании синтеза эргостерина, влияющего на проницаемость клеточных мембран патогена. Мефеноксам обладает системным действием, быстро распределяясь по растению по мере его роста. Обеспечивает защиту корневой системы и проростка. Эффективен против семенной и аэрогенной инфекций. Проявляет исключительно высокую активность против возбудителей корневых гнилей.

Эффективность Депозит Суприм, МЭ исследовали методом проращивания протравленных по общепринятой методике семян фасоли методом рулонов. В опыте испытывали три концентрации раствора: 0,2, 1,0 и 2,0 л/т. Действие протравителя оценивали в сравнении с контрольным вариантом без обработки семян.

Установлено, что препарат обладает исключительно мягким действием на культуру и проявляет ярко выраженный ростостимулирующий эффект. Действующие вещества различных механизмов действия удачно сочетаются в препарате, проявляя синергизм и расширяя спектр чувствительных патогенов. Мефеноксам является оптически чистым изомером металаксилла. По сравнению с эталонным протравителем количество мефеноксама в составе препарата уменьшено в 2 раза при сохранении высокой биологической эффективности. За счет этого достигается снижение токсикологической нагрузки на агроценоз.

На контрольном варианте опыта всхожесть семян фасоли составила 62,8–67,4 %. Семена, обработанные Депозит Суприм, МЭ имели всхожесть 85,8–92,7 %, что выше, чем на контроле, в 1,4 раза. Наибольшая всхожесть семян выявлена в вариантах с нормами применения 0,2 и 1,0 л/т. При норме применения 1,2 л/т всхожесть была на уровне 85,8–88,8 %, что ниже на 3,9–4,5 %. Микроэмульсии смешиваются с водой, образуя прозрачный, однородный и стабильный во времени раствор, не подверженный расслоению. Действующие вещества не выпадают в осадок, что повышает эффективность обработки. В то же время с увеличением концентрации исследуемого препарата в семенах наблюдается понижение количества бактерий. Показано, что при обработке препаратом Максим (эталон) всхожесть семян упала на 15 % в сравнении с вариантом Депозит Суприм, МЭ. Специфического действия относительно какого-либо вида грибов у испытываемого препарата не выявлено. Он обладает широким спектром действия. В то же время доля семян, пораженных патогенными грибами в данном опыте, также увеличивалась (таблица). Фитотоксичности на проростках зерновой фасоли в опыте при всех испытываемых нормах применения не наблюдалось.

Таблица 1. Эффективность Депозит Суприм, МЭ в борьбе с инфекцией семян фасоли зерновой

Вариант и номер рулона	Всхожесть (%)	<i>Alternaria</i> + <i>Fusarium</i> (%)	<i>Penicillium</i> + <i>Aspergillus</i> (%)	Бактерии <i>Bacillus</i> и др. (%)	Все патогены (%)
Контроль (1 рулон)	62,8	18,6	31,0	14,7	44,3
Контроль (2 рулон)	67,4	32,6	33,0	17,0	46,5
Депозит Суприм, МЭ (1 рулон)	90,3	6,4	2,4	2,4	6,2
Депозит Суприм, МЭ (2 рулон)	92,7	6,3	9,3	4,7	3,2
Депозит Суприм, МЭ 0,2 (1 рулон)	87,4	2,3	2,3	1,6	1,3
Депозит Суприм, МЭ 0,2 (2 рулон)	88,3	0,0	4,8	1,7	2,4
Депозит Суприм, МЭ 1,0 (1 рулон)	92,4	1,6	4,7	4,7	2,9
Депозит Суприм, МЭ 1,0 (2 рулон)	85,7	7,1	4,8	9,5	2,4
Депозит Суприм, МЭ 2,0 (1 рулон)	88,8	2,3	0,0	2,9	2,3
Депозит Суприм, МЭ 2,0 (2 рулон)	85,8	0,0	1,6	1,6	3,2
НСР ₀₅	3,46	0,12	0,18	0,26	0,31

Представленные экспериментальные результаты свидетельствуют, что при обработке семян препаратом Депозит Суприм, МЭ процент поражения патогенными грибами во всех вариантах опыта снизился в два и более раза. Установлено, что протравливание семян препаратом Депозит Суприм, МЭ в концентрации 0,02 % эффективно уничтожает патогенные грибы родов *Alternaria*, *Fusarium*, *Penicillium* и *Aspergillus*, а сам препарат может быть рекомендован к более детальному изучению в качестве новой альтернативы доступным протравителям для фасоли.

Список литературы

Гиясов К., Сапаев Б., Джураева Л. Т., Тураева Г. С., Подковыров И. Ю. Фунгицидная активность производных бензоксазолинона и бензоксазолинтiona // Известия

Нижеволжского агроуниверситетского комплекса: Наука и высшее профессиональное образование. 2020. № 3 (59). С. 198-205.

Патент № 2717935 С1 Российская Федерация, МПК А01С 1/06, А01N 29/04, А01N 37/34. Фунгицидная композиция для протравливания семян зернобобовых культур и подсолнечника : № 2019127653 : заявл. 03.09.2019 : опубл. 26.03.2020 / Е. В. Желтова, С. Д. Каракотов, К. В. Таланова [и др.] ; заявитель Акционерное Общество «Щелково Агрохим».

Семенов А. М., Глинушкин А. П., Соколов М. С. Здоровье почвенной экосистемы: от фундаментальной постановки к практическим решениям // Известия Тимирязевской сельскохозяйственной академии. 2019. № 1. С. 5-18.

Соколов М. С., Семенов А. М., Спиридонов Ю. Я., Торопова Е. Ю., Глинушкин А. П. Здоровая почва – условие устойчивости и развития агро- и социосфер (проблемно-аналитический обзор) // Известия Российской академии наук. Серия биологическая. 2020. № 1. С. 12-21.

ИЗУЧЕНИЕ КОЛЛЕКЦИИ ШПИНАТА ВИР НА СКОРОСПЕЛОСТЬ И ДИВЕРГЕНЦИЮ ПОЛА В ОНТОГЕНЕЗЕ ПРИ РАЗЛИЧНЫХ СРОКАХ ПОСЕВА В УСЛОВИЯХ СЕВЕРО-ЗАПАДНОГО РЕГИОНА РФ

Е. Г. Киселев, Д. В. Соколова

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

A STUDY OF VIR'S SPINACH COLLECTION FOR EARLINESS AND SEX DIVERGENCE IN ONTOGENESIS AT VARIOUS SOWING TIMES UNDER THE CONDITIONS OF THE NORTHWESTERN REGION OF RUSSIA

E. G. Kiselev, D. V. Sokolova

N.I. Vavilov All-Russian Institute of Plant Genetic Resources (VIR), St. Petersburg, Russia, kiselevfarmer@gmail.com

Шпинат (*Spinacia L.*) – это однолетняя, аллогамная, преимущественно двудомная листовая культура, относящаяся к семейству Amaranthaceae, роду *Spinacia L.* Будучи скороспелой, используется в конвейерных посевах при выращивании как в тепличных комбинатах, так и в условиях открытого грунта. Употребляется в пищу в салатах, супах, пюре, из нее делают консервированные соки, детское питание. Шпинат полезен для здоровья, обладает высокой антиоксидантной активностью, содержит биологически активные вещества, лютеин, клетчатку, микро- и макроэлементы, витамины. Поскольку шпинат является культурой длинного светового дня, то изучение сроков перехода в генеративную фазу развития в условиях Северо-Западного региона РФ является крайне актуальным. В полевых условиях НПБ «Пушкинские и Павловские лаборатории ВИР» изучено 56 образцов шпината из коллекции ВИР различного происхождения. Посев производился 1 мая, 7 июня и 21 августа 2024 года. Выявлены скороспелые генотипы, дающие при различных сроках посева наибольший урожай. Описаны анатомо-морфологические характеристики, приведены ключевые даты перехода в генеративную фазу.

Растения женского типа цветения более предпочтительны в популяции шпината, т. к. характеризуются большей облиственностью и урожайностью (рисунок). В результате исследования идентифицированы наиболее устойчивые к раннему цветению генотипы с высоким процентом женских растений, приведены их морфологические особенности.

Известно, что регуляция пола у шпината зависит как от внешних факторов (спектра света, длины светового дня, температуры), так и от внутренних (генетических особенностей контроля пола, эндогенных фитогормонов, их баланса и др.). Сексуализация растений шпината в онтогенезе может приводить не только к детерминации пола, но также к его смене (реверсия пола). В данной работе сделан акцент на содержание в популяции гиноэцичных фенотипов при различных сроках посева, что расширяет представление о пластичности пола у шпината. В докладе также обсуждаются вопросы взаимосвязи биотических факторов с наступлением фаз онтогенеза.



Рисунок. Растение шпината женского (слева) и мужского (справа) типа цветения

ОПЫТ ЭКСТРАКЦИИ ДНК ИЗ ИСТОРИЧЕСКИХ ГЕРБАРНЫХ ОБРАЗЦОВ

Н. Ю. Лим^{1,2}, И. Г. Чухина¹

¹ Федеральный исследовательский центр Всероссийский институт генетических ресурсов растений имени Н.И. Вавилова (ВИР), Санкт-Петербург, Россия

² Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого, Санкт-Петербург, Россия, olyasha_nova@mail.ru

AN EXPERIMENT WITH DNA EXTRACTION FROM HISTORICAL HERBARIUM SPECIMENS

N. Yu. Lim^{1,2}, I. G. Chukhina¹

¹ N.I. Vavilov All-Russian Institute of Plant Genetic Resources (VIR), St. Petersburg, Russia,

² Peter the Great St. Petersburg Polytechnic University, St. Petersburg, Russia, olyasha_nova@mail.ru

Археоботанические находки и гербарные образцы, включающие как свежие сборы, так и гербарные листы, возраст которых составляет сто и более лет, все чаще становятся в настоящее время объектами молекулярно-генетических исследований. Привлекая такие образцы, исследователи сталкиваются с объективными трудностями и специфичностью работы. В это число входят малое количество исходного материала, подверженность деструкции, повреждение ДНК в результате процессов, происходящих при длительном хранении и возможных химических обработках образцов. Все это приводит к распространенным явлениям – двухцепочечным разрывам ДНК, сильной степени ее фрагментации, разнообразным сшивкам, однонуклеотидным заменам, высокой подверженности контаминации из-за содержания большого количества полисахаридов и прочих веществ в растении.

Учитывая все описанные сложности, при экстракции ДНК из гербарных образцов необходимо прибегать к специальным подходам, которые направлены на удаление загрязняющих веществ и выделение даже коротких фрагментов ДНК. Существует ряд методик выделения ДНК из исторических гербарных образцов. Чаще всего используется СТАВ-метод и его различные модификации.

Для исследования происхождения и изменения генетического разнообразия культурных растений той или иной территории необходимо обращаться к коллекциям исторических образцов из гербариев, генбанков и археологических памятников. Для изучения истории возникновения культуры ячменя на территории Русского Алтая, выявления филогенетических связей стародавнего алтайского разнообразия возделываемых ячменей и динамики изменения генофонда *Hordeum vulgare* L. мы обратились к первой научной коллекции, которая была создана благодаря исследованиям культурного ячменя на территории России, начатым Робертом Эдуардовичем Регелем в первой четверти XX века. Регель относил все культивируемые ячмени к двум видам, *H. vulgare* и *H. distichon*, и обозначил более 60 разновидностей культурного ячменя (1910, 1915, 1922). Аутентичные гербарные образцы Р. Э. Регеля, возраст которых составляет более ста лет, сохраняются в Гербарии культурных растений мира, их диких родичей и сорных растений (WIR).

Экспериментальная выборка включала в себя 33 пробы растительной ткани листовых пластинок, отобранных из аутентичных гербарных образцов. Чтобы не нарушать целостность колосьев, только у 4 из этих образцов мы смогли взять выполненные зерновки.

Для экстракции ДНК были выбраны два коммерческих набора (DNeasy Plant Mini Kit и DiamondDNA) и фенол-хлороформный метод. Во всех случаях пробы растительной ткани измельчали пестиком в микропробирках с использованием жидкого азота. Выделение ДНК из 12 проб набором DNeasy Plant Mini Kit и из 18 проб набором DiamondDNA

проводилось строго по протоколу производителя. Фенол-хлороформный метод использован для 6 проб, 3 из которых уже были задействованы в предыдущей экстракции ДНК набором DiamondDNA. Так же этим набором проводилось выделение ДНК из зерновок, в протокол которого нами были внесены изменения (супернатант в солевом буфере помещался в морозильную камеру на 24 часа).

Концентрация ДНК измерялась с помощью спектрофотометра NanoPhotometer N60-Touch UV/Vis.

При экстракции из фрагментов листьев, независимо от выбранной методики, преобладающим результатом были очень малые концентрации ДНК, 4 пробы не дали результатов, 3 пробы были контаминированы.

Для определения качества выделенной ДНК проведена ПЦР на наличие гена доместикации (*FE*). Только препараты ДНК из зерновок были успешно амплифицированы. Результаты проверены с помощью гель-электрофореза (условия: гель 1,5 %, 90В, 40 минут).

Это дает основание предположить, что из всех рассмотренных методов экстракции ДНК эффективным для работы с историческими гербарными образцами оказался метод выделения ДНК из зерновок набором DiamondDNA.

ИЗУЧЕНИЕ ПОЛИМОРФИЗМА ПЛАСТИДНОЙ ДНК У ОБРАЗЦОВ КОЛЛЕКЦИИ КОСТОЧКОВЫХ КУЛЬТУР МАЙКОПСКОЙ ОПЫТНОЙ СТАНЦИИ ВИР

А. К. Макаов, О. Ю. Антонова

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

STUDYING OF PLASTID DNA POLYMORPHISM IN ACCESSIONS OF THE STONE FRUIT CROP COLLECTION MAINTAINED AT MAIKOP EXPERIMENT STATION OF VIR

A. K. Makaov, O. Yu. Antonova

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

Коллекция косточковых культур Майкопской ОС – филиала ВИР – одна из крупнейших в России, она насчитывает 611 образцов, относящихся к 8 видам рода *Prunus* L. (*Prunus domestica* L., *P. cerasifera* Ehrh., *P. spinosa* L., *P. curdica* Fenzl. et Fritsch., *P. nigra* Aiton, *P. tenella* Batsch., *P. hortulana* L.H. Bailey и *P. × rossica* Erem.). Ядро коллекции составляют представители 3 видов: слива домашняя *P. domestica* (382 образца), алыча *P. cerasifera* (101 образец) и терн *P. spinosa* (31 образец). 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 было начато изучение пластидной ДНК образцов сливы домашней, алычи и терна из коллекции Майкопской ОС. Сформированная экспериментальная выборка включала 133 образца, среди них 46 сортов сливы домашней, 70 образцов алычи и 15 образцов терна различного географического происхождения. Также в выборке присутствовали один сорт сливы русской (гибридный вид, полученный на основе алычи и сливы китайской) и один гибрид сливы китайской (*P. salicina*) в качестве аутгрупп. В состав выборки вошли многие сорта местной селекции, а также образцы, обладающие высокими вкусовыми качествами, либо демонстрирующие устойчивость к различным фитопатогенам.

Для разработки полиморфных CAPS-маркеров локусов косточковых культур была проанализирована аннотированная последовательность пластома алычи *P. cerasifera* subsp. *pissardii* (Carrière) L.H. Bailey (# в Генбанке NCBI MN418903). В ней были определены последовательности межгенных спейсеров; путем их сравнения с соответствующими последовательностями у других розоцветных (малины, земляники, груши) были выявлены наиболее полиморфные участки, для которых были разработаны специфичные праймеры. ПЦР-фрагменты обрабатывали различными рестриктазами (не менее четырех для каждого локуса). В результате были получены полиморфные CAPS-маркеры, способные дифференцировать образцы подрода *Prunus* рода *Prunus*: psbI/BstDEI, rpl20-rps12/DraI, petN-psbM/TaqI, rbcL-accD/TaqI).

Для всех 133 изученных образцов нам удалось получить рестрикционные профили (пример приводится на рисунке) по всем анализируемым локусам, что позволило идентифицировать гаплотипы. Гаплотип рассматривали как индивидуальное сочетание различных рестрикционных профилей во всех локусах у образца. Всего нами было выделено 46 гаплотипов.

Наибольшее число специфичных гаплотипов (20) было обнаружено у сливы домашней, у алычи при большем размере проанализированной выборки их было чуть меньше – 14, а у терна только 5. Образец сливы русской обладал уникальным гаплотипом,

не обнаруженным у остальных представителей подрода *Prunus* данной выборки. Часть гаплотипов была выявлена одновременно у представителей нескольких видов в данной выборке. В частности, гаплотип Н1 оказался общим для алычи, терна и гибрида сливы китайской, а Н4 – для сливы домашней, алычи и терна.

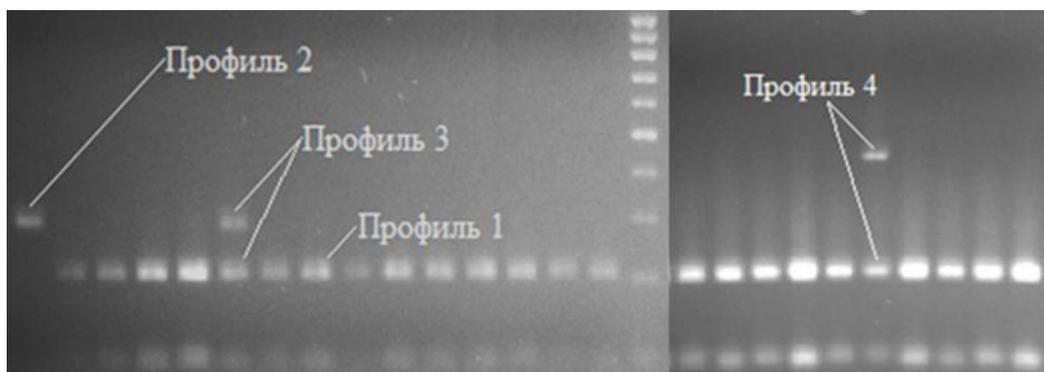


Рисунок. Рестрикционные профили, выявленные при помощи маркера psbK-psbI/BstDE, у образцов сливы и ее сородичей.

В дальнейшем полученные данные планируется использовать как основу для расширения числа изучаемых локусов пластидной ДНК и отбора наиболее полиморфных из них с целью применения в молекулярно-генетических и филогенетических исследованиях представителей рода *Prunus*.

Работа выполнена в рамках Государственного задания FGEM-2022-0008.

**АПРОБАЦИЯ МЕТОДИК ИЗОЛЯЦИИ ПРОТОПЛАСТОВ ДЛЯ ПРИМЕНЕНИЯ
В ТЕХНОЛОГИЯХ РЕДАКТИРОВАНИЯ ЗЕМЛЯНИКИ САДОВОЙ
(*FRAGARIA* × *ANANASSA*)**

К. М. Межина, М. В. Ерастенкова, Н. Г. Тихонова

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

**TESTING PROTOPLAST ISOLATION TECHNIQUES FOR USE IN GARDEN
STRAWBERRY (*FRAGARIA* × *ANANASSA*) EDITING TECHNOLOGIES**

K. M. Mezhdina, M. V. Erastenkova, N. G. Tikhonova

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

Применение методов ускоренной селекции в последние годы стремительно растет. Они позволяют получать растения с заданными свойствами в относительно короткие сроки. Данная технология включает в себя ряд этапов, одним из которых является доставка редактирующей конструкции в растение. Одним из способов проверки редактирующей конструкции является трансфекция протопластов, представляющих собой живую клетку, свободную от клеточной стенки. Преимуществом использования модели протопластов является сравнительно легкое встраивание векторов, используемых для редактирования. На сегодняшний день разработаны методики изоляции протопластов путем ферментного разрушения клеточной стенки, что дает высокий выход клеток для отработки методик трансформации. Методики изоляции протопластов для различных культур могут различаться в зависимости от ряда факторов, включая толщину клеточной стенки.

Целью исследования является апробация методики изоляции протопластов из листовых дисков земляники садовой (*Fragaria* × *ananassa* Duch.).

Для апробации методики выделения протопластов на землянике были использованы два протокола: Соу М. Р., Аббитт С. Е., Франк М. Дж. «Protoplast isolation and transfection in Maize», 2022 г., разработанный для кукурузы (*Zea mays*), (протокол 1) и Егорова А. А., Иванова К. А., Герасимова С. В. «Изоляция протопластов *Solanum tuberosum* и *Solanum verrucosum* и их PEG-опосредованная трансформация», 2020 г., разработанный для картофеля (протокол 2). Данные протоколы отличаются этапами проведения изоляции и составом рабочих растворов. Для выделения протопластов использовали молодые листья растений земляники садовой сорта 'Mieze Schindler' из коллекции ВИР, культивируемых в условиях *in vitro* на среде МС (Мурасиге – Скуга) с фитогормоном 6-БАП в концентрации 0,5 мг/л, в световой комнате при постоянной температуре +23...+25 °С, со светопериодом 16/8.

Навеску молодых листовых дисков массой 1,5 г нарезали острым лезвием на полоски, шириной 0,3–0,5 мм и переносили в чашку Петри с раствором для ферментации, инкубировали на шейкере (20–40 об./мин, 25–28 °С). После инкубации раствор с протопластами пропускали через клеточный фильтр (40 мкм) в стерильную пробирку типа Фалькон и центрифугировали для осаждения протопластов. После промывки небольшое количество раствора поместили на камеру Горяева для оценки выхода изолированных протопластов и их плотности. Схема проведения исследования представлена на рисунке.

По протоколу 1 были получены изолированные протопласты с плотностью 500 тыс.кл/мл, по протоколу 2 – изолированных протопластов не наблюдалось. Концентрации полученных по протоколу 1 изолированных протопластов достаточно для дальнейшей работы по проведению трансфекции. Возможно, различия в плотности выхода протопластов связаны с составами рабочих растворов или временем инкубации с ферментами.

Из апробированных протоколов выделения протопластов для дальнейшей работы по изоляции протопластов земляники садовой сорта 'Mieze Schindler' выбран протокол Soy et al. (2022). Выход изолированных протопластов составил 500 тыс. кл/мл.

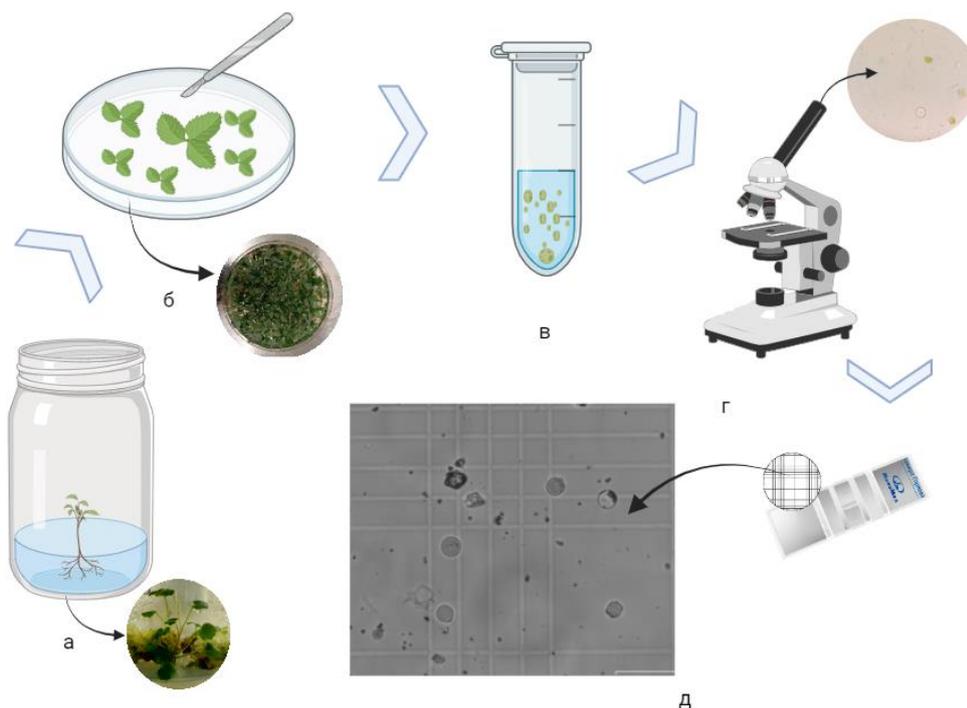


Рисунок. Схема проведения изоляции протопластов
а) *In vitro* растение, экспланты которого будут использоваться для изоляции протопластов;
б) нарезка листовых дисков острым лезвием на тонкие полоски 0,3–0,5 мм и погружение в ферментный раствор; в) промывка полученного раствора, содержащего в себе протопласты;
г) проверка наличия изолированных протопластов под микроскопом; д) оценка выхода изолированных протопластов с помощью камеры Горяева

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».

БИОХИМИЯ ОКРАСКИ ЦВЕТКОВ НЕКОТОРЫХ СОРТОВ УЗАМБАРСКОЙ ФИАЛКИ

Я. Е. Острых, Е. Д. Глазунова

Центр образования «Лапландия», Мурманск, Россия, ostrkhysy@gmail.com

FLOWER COLOR BIOCHEMISTRY IN SOME VARIETIES OF AFRICAN VIOLET

Ya. E. Ostrykh, E. D. Glazunova

Laplandia Education Center, Murmansk, Russia, ostrkhysy@gmail.com

Узамбарская фиалка, или сенполия (*Saintpaulia ionantha* H.Wendl.) – популярное декоративное растение, имеющее укороченные стебли с прикорневой розеткой листьев.

Листья сенполии кожистые, покрыты ворсинками, обычно со слегка неравнобоким сердцевидным основанием, с округлой или короткозаостренной верхушкой, могут быть как однородной зеленой окраски, так и пятнистыми. Популярность растения в культуре объясняется чрезвычайным разнообразием сортов. Особенно широк спектр окраски цветков. В природе венчики сенполий фиолетово-синие, сортовые фиалки имеют цветки от белой до темно-красной и темно-фиолетовой, и даже желтой и зеленой окраски.

Цель настоящего исследования – узнать, какие биохимические особенности определяют окраску цветков сенполии.

Задачи.

1) Выделить пигменты из лепестков цветков разных сортов фиалок методом экстракции.

2) Определить качественный состав пигментов, используя метод тонкослойной хроматографии.

Для окраски цветков фиалок типичны розово-фиолетовые тона, характерные для пигментов группы антоцианов. Для исследования нами были выбраны сорта преимущественно с однотонными венчиками разных цветов: 1) синяя окраска (РС-Сказочная ночь, СВ-Город Челябинск, Vallarta Campanas Moradas, несортовая фиалка; 2) красная окраска (ЛЕ-Вега, ЛЕ-Шелковые кружева, Ness' Red Velvet, Н-Аленький цветочек); 3) розовая окраска Rhapsodie Michelle II, АВ-Подарок Розовой Феи, Dainty Dynamo, Optimara Little Ottawa; 4) фиолетовая/сиреневая окраска ЛЕ-Эрика, Rivermist Calypso, Mac`s Kup`o` Kindness, спорт Mac`s Paisley Pattern, Dark night of the Soul.

Для получения пигментной вытяжки лепестки помещали в бюксы и заливали 0.1 н раствором HCl в соотношении 1 : 10 по массе. Через сутки вытяжку фильтровали. Разделение пигментов проводили методом тонкослойной хроматографии. В качестве движущей фазы использовалась смесь н-бутанол – ледяная уксусная кислота – вода (4 : 1 : 2). Детекция проводилась в видимой области спектра и в УФ-свете. Для каждого пигмента вычисляли значение коэффициента подвижности Rf. Идентификацию пигментов осуществляли путем сравнения полученных значений Rf с литературными данными.

По результатам хроматографического анализа пигментной вытяжки можно выделить группы окраски венчиков сенполий: 1) красная окраска; 2) розовая окраска; синяя/фиолетовая/сиреневая окраска. Наибольшее разнообразие пигментов выявлено в цветках красной окраски, в них обнаружены пять антоцианов (таблица, рисунок). Окраска как синих, так и фиолетовых сенполий определяется наличием цианидина и дельфинидина. Разница в окраске синих и фиолетовых цветков может быть объяснена как разным количеством и соотношением этих антоцианов, так и, возможно, разной кислотностью клеточного сока, так как антоцианы являются природными кислотно-основными индикаторами и меняют окраску при изменении значения pH. В цветках сенполий розовой окраски присутствует 3 антоциана.

Таблица 1. Состав антоцианов в венчиках цветков *Saintpaulia ionantha* H.Wendl. разного цвета

Антоцианы	Окраска венчика			
	Красная	Фиолетовая	Синяя	Розовая
Пеларгонидин	+			
Мальвидин	+			+
Цианидин	+	+	+	
Дельфинидин	+	+	+	+
Пеонидин	+			+

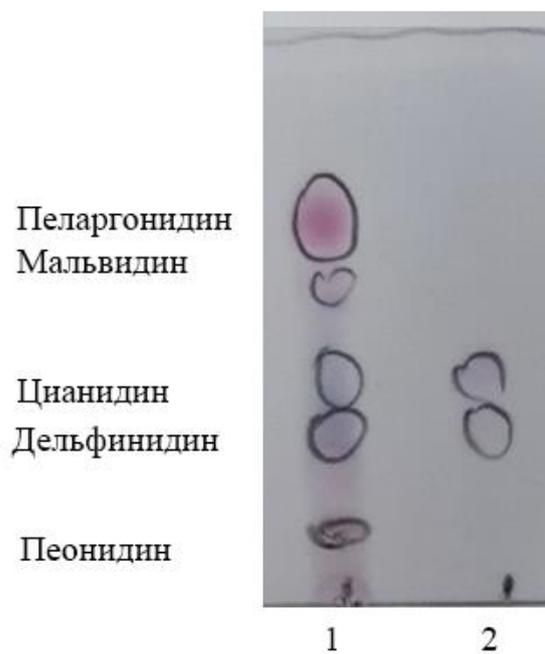


Рисунок. Хроматограмма пигментов сортов с 1) красной (LE-Beга) и 2) синей (Vallarta Campanas Moradas) окраской венчика

ИЗУЧЕНИЕ ГЕНЕТИЧЕСКОГО РАЗНООБРАЗИЯ АУТЕНТИЧНЫХ ГЕРБАРНЫХ ОБРАЗЦОВ *SOLANUM ANDIGENUM* JUZ. ET BUK.

Н. А. Оськина, Т. А. Гавриленко, О. Ю. Антонова, И. Г. Чухина

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

STUDYING THE GENETIC DIVERSITY OF HISTORICAL HERBARIUM SPECIMENS OF *SOLANUM ANDIGENUM* JUZ. ET BUK.

N. A. Oskina, T. A. Gavrilenko, O. Yu. Antonova, I. G. Chukhina

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

В 1925 году Н. И. Вавиловым была организована экспедиция ВИР в страны Центральной и Южной Америки. В состав этой экспедиции входили С. В. Юзепчук и С. М. Букасов, занимавшиеся сбором образцов картофеля (Юзепчук, Букасов, 1929; Букасов, 1933). Согласно Л. Е. Горбатенко, из этих сборов в коллекцию ВИР поступило 166 образцов из Колумбии, 208 из Перу и 162 из Боливии (Горбатенко, 2006). Собранные в ходе этих экспедиций образцы картофеля были высажены в «Красном пахаре» близ Ленинграда, где изучались в течение нескольких лет. Растения из первых лет репродукций этих образцов были гербаризированы и размещены в гербариях ВИР (WIR) и БИН РАН (LE), где сохраняются по сей день. На основании этого материала С. В. Юзепчуком и С. М. Букасовым были описаны новые таксоны и создана первая классификация культивируемых видов картофеля, включающая 13 видов (Юзепчук, Букасов, 1929).

Из сохраняемых в Гербарии ВИР исторических аутентичных образцов культивируемых видов картофеля нами были отобраны 96 образцов *Solanum andigenum* Juz. et Buk. для изучения разнообразия типов хлоропластной ДНК (хлДНК). Тип хлДНК является важной составляющей представлений о генетическом разнообразии и происхождении культивируемых видов картофеля и вносит значительный вклад в формирование современных взглядов о происхождении видов секции *Petota Dumort.* рода *Solanum* L. Различные типы хлДНК у дикорастущих и культивируемых видов картофеля были обнаружены К. Hosaka с коллегами (Hosaka, 1986; Hosaka, Hanneman, 1988; Sukhotu et al., 2005 др.). В этих работах у изученных образцов были идентифицированы 5 основных (Т, W, А, S, С) и несколько минорных типов хлДНК, которые отличаются друг от друга мутациями в рестриционных сайтах, а также специфическими делециями. Этой же группой исследователей был разработан набор ПЦР-маркеров для идентификации основных типов хлДНК у образцов картофеля (Hosaka, Sanetomo, 2012), данный набор мы использовали и в нашей работе.

Для идентификации А-типа хлДНК у исторических гербарных образцов нами были разработаны два новых маркера А35 и А494, генерирующие ампликоны приблизительно в два раза меньшего размера, чем оригинальный маркер А из набора Hosaka, Sanetomo (2012), который амплифицирует фрагмент размером 1178 п.о. Новые маркеры позволили нам анализировать полиморфизм деградированной ДНК, выделенной из старого (почти 100-летнего) гербарного материала.

Отобранные нами 96 гербарных образцов *S. andigenum* были собраны в 1926–1927 гг. в трех регионах: 1) Северные Анды (территория Колумбии) и Центральные Анды – 21 образец, 2) Перу (центр и юго-восток) – 57 образцов и 3) Боливия (бассейн озера Титикака) – 18 образцов.

Образцы, собранные в Северных и Центральных Андах, отличались по разнообразию типов хлДНК. Так, все изученные нами гербарные образцы из Колумбии (21 образец) имели только один – А-тип хлДНК, хотя они были собраны в разных эколого-

географических зонах Центральных Кордильер, относящихся к департаментам Антиокия, Кальдас, Толима и на плоскогорье близ городов Богота, Тунха и Попаян.

У 57 образцов, собранных на территории регионов Куско на юго-востоке и Хуниин в Центральном Перу, нами было обнаружено наибольшее разнообразие типов хлДНК: А- (50,9 %), С- (33,3 %), S- (12,3 %), Т- (1,8 %) и W- (1,8 %) типы.

У 18 образцов из Боливии идентифицированы 4 типа хлДНК: А- (44,4 %), С- (33,3 %), S- (16,7 %) и Т- (5,6 %).

Таким образом, нами были выявлены достоверные различия в частоте встречаемости 'андийского' А-типа хлДНК в северных Андах (территория Колумбии), где его частота достигала 100 %, и в Центральных Андах (территория южного Перу и Боливии), где частота встречаемости андийского типа снижалась вдвое.

Полученные в данном исследовании результаты были сопоставлены с данными зарубежных исследователей, полученными для 93 живых образцов *S. andigenum*, собранных во второй половине XX века в тех же регионах Южной Америки и сохраняемых в полевых коллекциях генбанков CIP и NRSP-6 (Sukhotu et al., 2005). Статистически значимых различий в частотах встречаемости разных типов хлДНК в выборках живых и гербарных образцов *S. andigenum*, собранных в Колумбии, Перу, Боливии, не выявлено. В обеих выборках наибольшее разнообразие типов хлДНК встречается в регионе Центральных Анд. Таким образом, можно предположить, что на протяжении XX столетия характер распространения образцов аборигенных сортов культивируемого вида *S. andigenum* существенно не менялся.

НОВЫЙ ИСХОДНЫЙ МАТЕРИАЛ ДЛЯ СЕЛЕКЦИИ КАРТОФЕЛЯ, ПРИГОДНОГО К ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ ПЕРЕРАБОТКЕ ПИЩЕВОГО НАПРАВЛЕНИЯ

Г. В. Писаренко, А. Е. Соловьева, Е. В. Рогозина, Н. А. Чалая

Федеральный исследовательский центр Всероссийский институт генетических ресурсов растений имени Н.И. Вавилова (ВИР), Санкт-Петербург, Россия, cheiser@list.ru

NEW SOURCE MATERIAL FOR THE BREEDING OF POTATOES SUITABLE FOR TECHNOLOGICAL PROCESSING FOR FOOD PURPOSES

G. V. Pisarenko, A. E. Solovyeva, E. V. Rogozina, N. A. Chalaya

N.I. Vavilov All-Russian Institute of Plant Genetic Resources (VIR), St. Petersburg, Russia, cheiser@list.ru

В условиях меняющегося рынка все большее значение приобретает целевое выращивание картофеля, в том числе и для переработки на картофелепродукты. Для этого необходимо создавать сорта, которые будут обладать нужными биохимическими показателями и ценными для селекции признаками. Целью данной исследовательской работы является изучение селекционной ценности образцов межвидовых гибридов картофеля из коллекции ВИР для технологической переработки на картофелепродукты.

Проведена оценка продуктивности и биохимического состава 34 межвидовых гибридов картофеля и 6 сортов отечественной и зарубежной селекции, которые использованы как сорта-стандарты, пригодные для переработки на картофелепродукты различного направления. Исследования проводились на опытных участках научно-производственной базы «Пушкинские и Павловские лаборатории ВИР» (Пушкин, Санкт-Петербург) в 2023–2024 гг. Биохимический анализ проводился в отделе биохимии и молекулярной биологии ВИР после уборки и после пяти месяцев хранения при температуре +3...+5 °С. Оценивали наиболее важные для переработки показатели: содержание сухого вещества, крахмала, редуцирующих сахаров, а также скорость и интенсивность потемнения сырой мякоти, продуктивность.

Содержание сухого вещества у изучаемых образцов осенью варьировало в пределах: сорта-стандарты (17,1–26,7 %), гибриды (18,8–27,2 %). После хранения у 35 % изучаемых образцов содержание сухого вещества повысилось (1–4 %). У остальных образцов показатель остался стабильным или снизился незначительно. Выделены образцы со стабильно высокими показателями до и после хранения: сорта Накра (26,04–28,96 %), VR 808 (26,68–26,4 %); гибриды: 4225 BAZ (26,76–26,28 %) 144-3-2013 (27,2–26,84 %). Наименьшие значения отмечены у сорта Red Scarlett (17,2–17,8 %) и гибрида 912-1-2018 (18,8–21,96 %).

Содержание крахмала у изучаемых образцов после пяти месяцев хранения снизилось. Выделены образцы с показателями выше, чем у сортов, рекомендованных для переработки на крахмал: 4225 BAZ (20,1–18,67 %), 144-3-2013 (20,5–18,8 %), 16/27-09 (19–18,1 %), St Накра (18,2–17,5 %), VR 808 (19,7–17,2 %). Наименьшее значения по этому показателю выявлено у образцов: 912-1-2018, 953-9-2017 (< 13 %) и сорта Red Scarlett (11,3–10,0 %).

Содержание редуцирующих сахаров после уборки клубней у 30 гибридов и 6 сортов не превышало допустимое значение (0,4 %) и составило 0,07–0,4 %. Однако после пяти месяцев хранения у 38 образцов этот показатель составил 1,00–2,56 %, т. е. значительно превышал допустимое значение. Выделены два межвидовых гибрида с наиболее низкими показателями содержания редуцирующих сахаров после хранения: 4225 BAZ (0,67 %) и 144-3-2013 (0,87 %).

Нетемнеющая или слабо темнеющая мякоть является одним из требований при создании сортов для промышленной переработки в различные пищевые продукты. Образцы оценивались по 9-балльной шкале, где 9 – нетемнеющая, а 1 – очень сильно темнеющая мякоть. Анализ результатов оценки клубней урожая 2022 и 2023 годов подтвердил стабильность признака «нетемнеющая мякоть» по прошествии времени (2 часа) у образцов 16/27-09 (9 баллов), 4225 BAZ (9), 97-159-3 (9), 912-1-2018 (9) и сорта стандарта Варяг (8).

По итогам двух лет изучения повышенная продуктивность (более 1000 г/куст) отмечена у образцов 999-21-2020 (1006–1039 г/куст) и 999-28-2020 (1018–1149 г/куст).

По результатам двух лет изучения выделены образцы, перспективные к переработке на хрустящий картофель, картофель фри, крахмал, вакуумированный очищенный картофель и другие, сочетающие в себе комплекс полезных для селекции признаков. Гибриды 4225 BAZ; 144-3-2013; 16/27-09 обладают нетемнеющей мякотью, повышенным содержанием крахмала и сухого вещества, урожайностью на уровне сортов-стандартов, в свежесобранных клубнях содержание редуцирующих сахаров не превышает допустимое значение. Эти образцы могут быть рекомендованы как исходный материал для создания сортов пригодных к переработке различного пищевого направления.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИЗУЧЕНИЯ СОРТОВ КАРТОФЕЛЯ РОССИЙСКОЙ СЕЛЕКЦИИ В УСЛОВИЯХ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ

Е. Л. Раковская, А. В. Чашинский, В. А. Козлов, И. А. Родкина

Научно-практический центр Национальной академии наук Беларуси по картофелеводству
и плодоовощеводству, Самохваловичи, Беларусь, rakovskaya.1990@mail.ru

THE RESULTS OF STUDYING RUSSIAN POTATO CULTIVARS UNDER THE CONDITIONS OF BELARUS

E. L. Rakovskaya, A. V. Chashynskiy, V. A. Kozlov, I. A. Rodkina

Research and Practical Center of the National Academy of Sciences of Belarus for Potato, Fruit
and Vegetable Growing, Samokhvalovichi, Belarus, rakovskaya.1990@mail.ru

Картофель, будучи одним из самых универсальных и популярных культур в мире, имеет множество сортов, созданных в различных селекционных учреждениях мира, каждый из которых имеет свои особые характеристики. Для выявления лучших генотипов по продуктивности, устойчивости к болезням и вредителям, стрессовым условиям внешней среды, качественным показателям клубней картофеля необходимо изучение сортов и гибридов иностранной селекции в течение нескольких лет в условиях Республики Беларусь.

В 2020–2022 гг. в РУП «Научно-практический центр НАН Беларуси по картофелеводству и плодоовощеводству» изучено 38 сортообразцов российской селекции по продуктивности, содержанию крахмала, устойчивости к вирусным болезням, фитофторозу, черной ножке, пригодности для промышленной переработки на картофелепродукты через 5 месяцев холодного хранения без рекондиционирования.

Продуктивность в изученных сортах составила от 436 до 1273 г/куст. Максимальная продуктивность (1273 г/куст) отмечена у сорта Гусар. Сортообразцы 3-43-6, Бабушка, Кумач и Пламя обладали продуктивностью на уровне 1025–1218 г/куст.

Максимальная крахмалистость среди изученных сортов картофеля (20,1 %) отмечена у сорта Танго. Содержание крахмала в клубнях на уровне 15,1–17,4 % отмечено у сортов Саровский (15,3 %), Антонина (16,6 %), Никулинский (16,3 %), Василек (17,4 %), Арлекин (15,8 %), Утро (15,3 %).

Среди изученных образцов выделено 7 сортов (Лина, Сафо, Вираз, Кузнечанка, Барин, Пламя) с относительно высокой пригодностью (7 баллов) к промышленной переработке на картофелепродукты после 5 месяцев холодного хранения без рекондиционирования.

В результате проведенных исследований выделен сорт Кумач, который в среднем за три года показал высокую (8 баллов) устойчивость к фитофторозу листьев. Относительно высокая устойчивость к патогену (7,0–7,7 балла) отмечена у сортов Русский сувенир, Златка, Василек, Гусар, Танго. У сортов Былина Сибири, Самбо, Никулинский, Кемеровчанин, Утро, Варяг, Третьяковка устойчивость к заболеванию составила 5,3–6,8 балла.

Высокой устойчивостью к фитофторозу клубней характеризовались сорта Кузнечанка, Никулинский, Относительно высокая устойчивость к данному заболеванию отмечена у сортообразцов Былина Сибири, Вираз, Саровский, Гусар, 3-43-2, Утро, Патриот. Средняя устойчивость к патогену отмечена у сортообразцов Жигулевский, Юна, Лина, Русский сувенир, Антонина, Златка, Самбо, Люкс, Василек, Кемеровчанин, Танго, Арлекин, 21/8516, 3-43-6, 25/861, Вымпел, Чароит, Барин, Кумач, Третьяковка, Пламя, Кормилица. Остальные формы характеризовались низкой устойчивостью.

По устойчивости к возбудителям черной ножки стеблей отмечены сорта Русский сувенир, Никулинский, Василек, Гусар, которые по результатам оценки методом букетов

показали относительно высокую устойчивость к патогену в среднем за три года испытания. Среднюю устойчивость к патогену имели 24 сорта.

В результате изучения образцов картофеля по устойчивости к возбудителям черной ножки клубней выделился сорт Кумач, обладающий высокой устойчивостью (8,0 балла) к данному заболеванию. Относительно высокая устойчивость отмечена у 17 сортов, 19 имели среднюю устойчивость.

Изучение сортов на наличие скрытой вирусной инфекции методом ИФА показало, что все изученные образцы были поражены М-вирусом картофеля. Немного менее распространенными среди изучаемых сортов оказались вирусы X, Y, S. Вирус A выявлен у сортообразцов 3-43-2, Чароит, Патриот, Северное сияние. Поражены только одним вирусом М сорта Русский сувенир, Люкс, Бабушка, Гранд, Утро. Вирус L среди изучаемых образцов не выявлен. Самым свободным от вирусной инфекции оказался сорт Кормилица (пораженность вирусом М составила 40 %, других вирусов не выявлено).

РОЗОВОЦВЕТКОВЫЕ ЛИНИИ ЛЬНА В ГЕНЕТИЧЕСКОЙ КОЛЛЕКЦИИ ВИР

А. А. Слободкина, А. В. Павлов, Н. Б. Брач, Е. А. Пороховинова

Федеральный исследовательский центр Всероссийский институт генетических ресурсов растений имени Н.И. Вавилова (ВИР), Санкт-Петербург, Россия, Snas1999@yandex.ru.

PINK-FLOWERED FLAX LINES IN VIR'S GENETIC COLLECTION

A. A. Slobodkina, A. V. Pavlov, N. B. Brutch, E. A. Porokhovinova

N.I. Vavilov All-Russian Institute of Plant Genetic Resources (VIR), St. Petersburg, Russia, Snas1999@yandex.ru.

Генетическая коллекция льна создается в ВИР с 1970-х годов. На данный момент она насчитывает 576 линий шестого поколения инбридинга. В нее входит 35 линий с розовой окраской венчика и 10 белоцветковых гибридов, гены розовой окраски которых не проявляются из-за их подавления генами, контролирующими белую окраску. Из 45 линий 18 линий гомозиготны по гену *pfl*, определяющему розовую окраску венчика и одному или нескольким из 14 генов, контролирующим другие морфологические признаки. 27 линий получены из образцов коллекции ВИР, 8 линий выделены из российских образцов, один – из староместного образца Саратовской области, два – отборы из гибридной популяции к-4100 (ДС 27, Россия, Тверская обл.) × к-3086 (Индия), полученной в конце 1940-х годов на Кубанской ОС ВИР, три линии из сортов масличного льна, два селекции ВНИИМК 1960-х годов ‘Авангард’ и ‘Мир’ и одного ‘Еруслан’ – современной селекции НИПТИ Сорго и кукурузы и одна – спонтанная мутация в сорте ‘К-6’ льна долгунца селекции Псковского НИИСХ. Одна линия получена из восстановителя фертильности селекции ВНИИМК. Четыре линии выделены из образцов США – сорт ‘Golden’ и отбора из него Г. Боллей по устойчивости к фузариозу, спонтанный мутант в сорте ‘Signal’, а также образец Tamprf-201 (Памир 201), вероятно, изначально поученный из Таджикистана. Три линии созданы из Голландских образцов – две из них селекции Т. Таммес и одна – спонтанная мутация в сорте ‘Datch 1’. Три линии получены из образцов INRA (Франция), один из которых был создан фирмой «Вильморен», а один – линия Ф. Плонка. Две линии получены В. А. Ляхом (Украинский НИИМК): одна – с помощью химического мутагенеза, вторая – рекомбинантная. Три линии выделены из Аргентинских образцов, две, контрастные по окраске семян, – из сорта ‘Sonta Catalina’ и одна из сорта ‘Buenos Aires 106’. По одной линии создано из Австралийских образцов (сорт ‘Avangarde’, предположительно полученный из ВНИИМК), Великобритании (858, низколиноленовый), Индии (‘N.P.(RR)38’), Китая (местный образец, собранный Н. И. Вавиловым).

По результатам фенотипирования 2024 г. на базе НПБ «Пушкинские и Павловские лаборатории ВИР» показано, что среди 10 белоцветковых линий 4 имеют небольшой розовый оттенок лепестков. Среди них 7 линий имеют темно-желто-коричневую или желто-коричневую окраски семян, тогда как 3 – гомозиготы по генам *YSED1*, *used2* или *fe* и имеют желтую окраску семян.

Розовоцветковые линии различаются по степени окраски пластинки лепестков и цвету жилок, последние могут быть голубовато-розовыми, фиолетово-розовыми или чисто розовыми.

Самые распространенные вариант (13 линий) – бутон очень светло розовый, при раскрытии цветки почти белые, жилки голубовато-розовые. У большинства из них (10) желтые семена. Этот фенотип чаще имеет масличный лен, который востребован для селекции на пищевое использование, так как желтосемянность предпочтительней при хлебопечении. Следующая группа (9 линий) отличается фиолетово-розовым цветом жилок, большинство из них также имеет желтые семена, однако у двух семена желто-коричневые, а одна имеет пятнистые семена. Одна линия имеет чисто розовые жилки, которые

обусловлены взаимодействием гена *pfl* розовой окраски и гена *oral* оранжевой окраски пыльников и ослабления окраски жилок, тычиночных нитей и столбиков.

Следующая группа (13 линий) с более насыщенной розовой окраской венчика, внутри которой есть различия по окраске жилок и большинство из ее членов имеют темно-коричневые семена. У четырех линий жилки голубовато-розовые. Одна линия имеет розовые жилки, так же из-за присутствия гена *oral*, у двух – селекции Т. Таммес: розово-фиолетовые с преобладанием розового. Показано, что у всех шести темно-розовых линий с фиолетово-розовыми жилками присутствует ген фиолетовой окраски *sfc1* или *sfc3*.

В 2024 году наблюдалось сильное поражение льна ржавчиной (*Melampsora lini* (Ehrenb.) Lev.), что дало возможность оценить на естественном инфекционном фоне розовоцветковые линии ВИР. Оценка устойчивости льна к ржавчине проводили на двух стадиях развития патогена – по уредо- и по телейтостадии глазомерно по четырехбалльной шкале. Сорт-стандарт по восприимчивости к болезни к-6790 ‘Сложный гибрид’ имел максимальную степень поражения на обеих стадиях. 22 линии показали полную устойчивость как на уредо-, так и на телейтостадии. Среди них все линии, имеющие в родословной образцы из США, Аргентины, Франции, Индии, Великобритании, Австралии, а также 9 российских (староместный образец Саратовской области, две селекции ВНИИМК – сорт ‘Авангард’ и восстановитель фертильности, сорт ‘Еруслан’ и пять линий гибридного происхождения, имеющие в своей родословной линии гк-109, гк-132 и гк-159, устойчивые к ржавчине). 23 образца имели разную степень поражения патогеном. Среди них два показали возрастную устойчивость, т. е. имели единичные уредопустулы, но были полностью устойчивы на телейтостадии (линии из образцов Китая и Украины).

Таким образом, были отобраны и изучены 45 линий льна, гомозиготных по гену розовой окраски из генетической коллекции ВИР, проведено их полевое фенотипирование и оценка по устойчивости к ржавчине льна на естественном инфекционном фоне. Отобраны устойчивые линии для дальнейшей селекции сортов декоративного и пищевого направлений использования.

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».

МОЛЕКУЛЯРНО-ГЕНЕТИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ПЛАЗМОТИПА У СЕКАЛОТРИТИКУМ (\times *SECALOTRITICUM*, $S^1RRAABB$, $2N = 6X = 42$)

А. В. Соколюк

Институт генетики и цитологии Национальной академии наук Беларуси, Минск, Беларусь,
a.sokolyuk@igc.by

MOLECULAR GENETICS CHARACTERISTICS OF THE SECALOTRITICUM PLASMOTYPE (\times *SECALOTRITICUM*, $S^1RRAABB$, $2N = 6X = 42$)

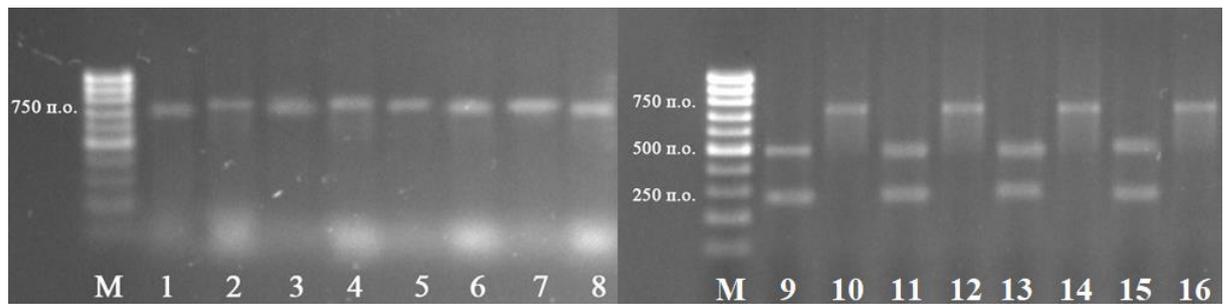
H. U. Sakaliuk

Institute of Genetics and Cytology of the National Academy of Sciences of Belarus, Minsk,
Belarus, e-mail: a.sokolyuk@igc.by

Секалотритикум (*Secalotriticum*, $S/RRAABB$, $2n = 6x = 42$) – новый тип синтетических пшенично-ржаных гибридов на цитоплазме ржи. Линии гексаплоидных секалотритикум, созданные по разработанной в лаборатории цитогеномики растений Института генетики и цитологии НАН Беларуси оригинальной технологии, являются стабильными амфидиплоидами с высокой экологической устойчивостью. Технология синтеза секалотритикум включает гибридизацию тетраплоидной ржи ($S/RRRR$, $2n = 4x = 28$) с гексаплоидными тритикале ($T/AABBRR$, $2n = 4x = 42$) и последующий однократный беккросс на тритикале полученных пентаплоидных ржано-тритикальных гибридов F1 ($S/RRABR$, $5x = 35$). Такой подход позволяет максимально реализовать генотипическое разнообразие ржано-тритикальных гибридов F1 и сохранить гетерогенность ржаного компонента полигенома у амфидиплоидов. Результаты сравнительного анализа с исходными сортами гексаплоидных тритикале и реципрокными гибридами свидетельствуют о самостоятельной селекционной ценности секалотритикум, обусловленной особенностями формирования продуктивности и реализации потенциала адаптивности и болезнестойчивости в условиях цитоплазмы ржаного типа.

В данной работе анализировался плазмотип 10 стабильных высокопродуктивных селекционно перспективных линий секалотритикум F18 поколения: секалотритикум 1 (Новосибирская \times Ugo) \times Идея, секалотритикум 2 (Новосибирская \times Л-303) \times Идея, секалотритикум 3 (Завья \times Наргресс) \times Модерато, секалотритикум 4 (Полновесная \times Михась) \times Гренадо, секалотритикум 5 (Новосибирская \times Ugo) \times Гренадо, секалотритикум 6 (Верасень \times 845Т) \times Михась, секалотритикум 7 (Верасень \times 845Т) \times Tr 311, секалотритикум 8 (Верасень \times 845Т) \times Гренадо, секалотритикум 9 (Верасень \times 845Т) \times Дубрава, секалотритикум 10 ((Верасень \times 845Т) \times Дубрава) \times ((Новосибирская \times Л-246) \times Tr Л-246), в качестве контроля используя родительские формы гексаплоидных тритикале Наргресс, Гренадо.

Основной метод анализа – ПЦР-ПДРФ. Рестрикционный анализ проводили по видоспецифическим последовательностям *ndhN*-локуса хлоропластной ДНК (имеющего сайт узнавания эндонуклеазы рестрикции *MspI*) и 18S/5S-повтору митохондриальной ДНК (имеющему сайт узнавания эндонуклеазы *SalI*). Плазмотипу ржи соответствовали отсутствие рестрикции амплифицированного участка *ndhN* эндонуклеазой *MspI* (фрагмент 750 пн) и наличие рестрикции *tMet-18S/5S*-локуса эндонуклеазой *SalI* (фрагменты 250 пн). Плазмотипу пшеницы соответствовало наличие рестрикции амплифицированного участка *ndhN* эндонуклеазой *MspI* (фрагменты 500 пн и 250 пн) и отсутствие рестрикции *tMet-18S/5S*-локуса эндонуклеазой *SalI* (фрагменты 500 пн).



М - маркер молекулярного веса (100 bp DNA Ladder), 1, 3, 5, 7 – продукт рестрикции *ndhH*-локуса по сайту *MspI* у линий секалотритикум, 2, 4, 6, 8 – ПЦР-продукт *ndhH*-локуса этих же линий; 9, 11, 13, 15 – продукт рестрикции *ndhH*-локуса по сайту *MspI* родительских форм гексаплоидных тритикале; 10, 12, 14, 16 – ПЦР-продукт *ndhH*-локуса этих же форм

Рисунок. Электрофореграммы детекции ПЦР-продуктов и продуктов рестрикции ПЦР-продуктов *ndhH*-локуса ржано-пшеничных гибридов (секалотритикум) и их родительских форм пшенично-ржаных гибридов (тритикале)

В результате исследования у всех анализируемых линий секалотритикум по *ndhH*-локусу хлоропластной ДНК были получены фрагменты длиной 750 пн, по 18S/5S-повтору митохондриальной ДНК – 250 пн (рисунок). Таким образом, полученные результаты позволили идентифицировать ржаной тип цитоплазматической ДНК (хлоропластов и митохондрий) у линий секалотритикум и сделать вывод о его стабильном наследовании.

ГЕНЕТИЧЕСКИЕ РЕСУРСЫ РАСТЕНИЙ И ИХ РОЛЬ В СЕЛЕКЦИИ ГОЛОЗЕРНОГО ЯЧМЕНЯ

Н. В. Тетяников

Федеральный научный селекционно-технологический центр садоводства
и питомниководства, Москва, Россия, tetyannikovnv@ya.ru

PLANT GENETIC RESOURCES AND THEIR ROLE IN THE BREEDING OF HULLESS BARLEY

N. V. Tetyannikov

Federal Horticultural Center for Breeding, Agrotechnology and Nursery, Moscow, Russia,
tetyannikovnv@ya.ru

В парадигме устойчивого развития сельского хозяйства генетическим ресурсам растений уделяется особое внимание как в бережном сохранении биоразнообразия живых организмов, так и в их устойчивом использовании для решения селекционных задач.

В настоящее время отечественные и зарубежные исследования указывают на большой потенциал использования голозерного ячменя не только в качестве фуражной культуры, но и как продукт с высокой питательной ценностью для человека. Для селекции ячменя остается важным поиск исходного материала с высокой продуктивностью и широкой адаптации к стрессовым факторам среды способствующий совершенствованию сортимента культуры.

Исследование проведено в период 2020–2022 гг. на опытном поле ФГБНУ «ФНЦ Садоводства» (Московская обл.), почва участка дерново-подзолистая, среднесуглинистая. Объектом исследования служили 60 образцов голозерного ячменя, относящиеся к 15 разновидностям. В качестве стандартов использовались сорта пленчатого ячменя Зазерский 85, Яромир, рекомендованные к возделыванию в испытываемом регионе. Закладка полевого опыта и лабораторный анализ структуры урожая проведен в соответствии с общепринятыми методиками. Оптимальные условия для развития растений были в 2022 году ($I_j = 25,73$), в то время как вегетационные периоды 2020 и 2021 г. были менее благоприятны для роста и формирования урожая ячменя $I_j = -5,69$ и $I_j = -11,87$ соответственно.

За три года исследований более высокую продуктивную кустистость ($3,9 \pm 0,1$ шт.) и массу 1000 зерен ($41,7 \pm 1,3$ г) формировали образцы, относящиеся к подвиду двурядного ячменя. У многорядных образцов была отмечена более высокая масса зерна с растения, варьируя в среднем по годам от 1,77 до 4,50 г. Изменчивость урожайности изучаемых образцов была высокой ($CV = 44,29-165,93$ %). Максимальной урожайностью, превышающей стандартные сорта на 10,8–24,9 %, в среднем за годы изучения характеризовались многорядные образцы к-18071 ($303,8$ г/м²), к-17948 ($291,6$ г/м²), а также двурядный образец 2538* ($269,5$ г/м²). Между рассматриваемыми признаками наиболее тесная связь отмечена между урожайностью и массой зерна с колоса ($r = 0,639$), массой зерна с растения ($r = 0,576$), высотой растений ($r = 0,401$), массой зерна с колоса и массой зерна с растения ($r = 0,699$), и высотой растений ($r = 0,460$); массой 1000 зерен и продуктивной кустистостью ($r = 0,671$).

Для оценки пластичности и стабильности формирования урожайности использовались различные статистические показатели. По результатам корреляционного анализа (рисунок) сильная положительная связь отмечена между урожайностью и bi ($r = 0,85$); σ_i^2 и W_i^2 ; θ_i и σ_i^2 ($r = 1,00$), W_i^2 ($r = 1,00$); $S^{(2)}$ и $S^{(1)}$ ($r = 0,97$), $S^{(3)}$ ($r = 0,87$), $S^{(1)}$ и $S^{(3)}$ ($r = 0,86$); $S^{(3)}$ и $S^{(6)}$ ($r = 0,77$); $NP^{(4)}$ и $S^{(3)}$, $S^{(6)}$; $NP^{(2)}$ и $NP^{(3)}$ ($r = 0,77-1,00$). Отрицательно коррелировали между собой $\theta_{(i)}$ и W_i^2 , σ_i^2 , θ_i ($r = -1,00$), а также ранговые статистические показатели $S^{(6)}$, $NP^{(2)}$, $NP^{(3)}$, $NP^{(4)}$; KR с урожайностью. Выявленные связи позволяют

использовать наиболее информативные показатели для более объективной оценки исследуемого материала к изменяющимся климатическим условиям.

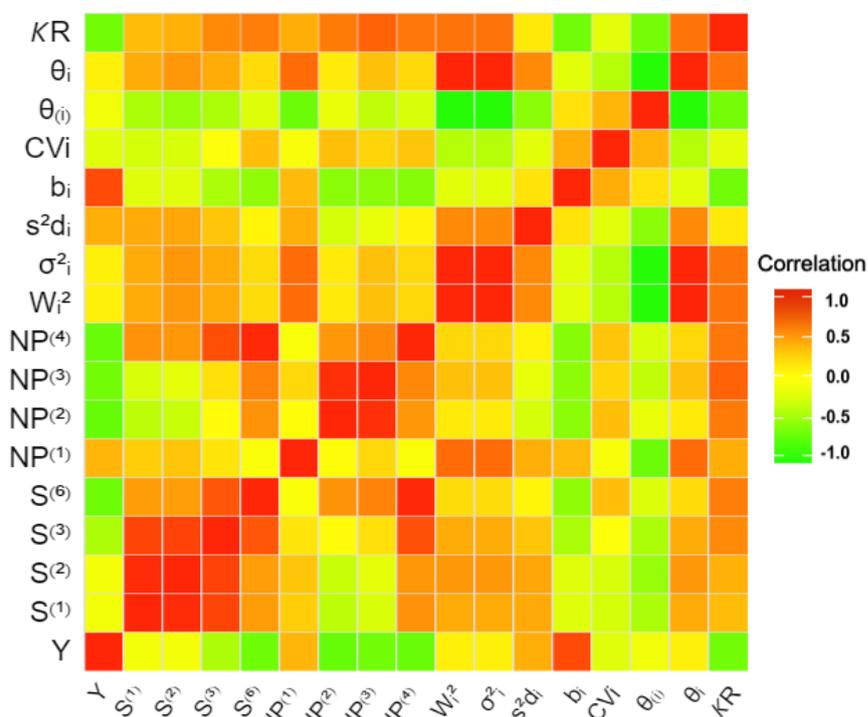


Рисунок. Корреляция между урожайностью и показателями пластичности и стабильности

Сильная корреляция урожайности отмечена с b_i , что позволяет использовать данный показатель для отбора генотипов с более равномерным сочетанием урожайности и стабильности. В оценке исследуемого материала применение показателей с менее выраженной связью способствует отбору стабильных генотипов без учета их урожайности.

КОНСТРУИРОВАНИЕ ПЛАЗМИДЫ ДЛЯ ГЕНЕТИЧЕСКОЙ ТРАНСФОРМАЦИИ КУКУРУЗЫ

**А. В. Ульянов, Е. А. Крылова, Н. А. Швачко, Т. В. Семилет, Е. К. Хлесткина,
Э. Б. Хатефов**

Федеральный исследовательский центр Всероссийский институт генетических ресурсов растений имени Н.И. Вавилова (ВИР), Санкт-Петербург, Россия, ulianova.v@gmail.com

DESIGNING PLASMIDS FOR THE GENETIC TRANSFORMATION OF MAIZE

**A. V. Ulyanov, E. A. Krylova, N. A. Shvachko, T. V. Semilet, E. K. Khlestkina,
E. B. Khatefov**

N.I. Vavilov All-Russian Institute of Plant Genetic Resources (VIR), St. Petersburg, Russia, ulianova.v@gmail.com

Крахмал – уникальный для растений и водорослей природный полимер, состоящий из глюкозы. Крахмал состоит из двух полимеров α -глюкозы: линейной амилозы и разветвленного амилопектина, которые соединяются через α -1,4- и α -1,6-гликозидные связи. Амилоза, образующаяся в эндосперме злаков, синтезируется с помощью фермента гранулированной синтазы крахмала I (GBSSI), кодируемого геном *Waxy* (*Wx*). В то время как амилопектин производится благодаря действию разнообразных белков: синтазы крахмала (SS), фермента разветвления крахмала (SBE), и деветвящего фермента (DBE).

Крахмал занимает второе место по распространенности среди углеводов в природе после целлюлозы. Массовое использование крахмала в различных отраслях промышленности стало возможным благодаря его распространенности, доступности и экологическим характеристикам.

Цель нашего исследования заключалась в *in silico* анализе генов синтеза крахмала *GBSSI*, *SBEIIb*, подборе праймеров, их ресеквенировании у инбредных линий кукурузы и подборе направляющих РНК для генетического редактирования данных генов, а также конструировании плазмиды для генетической трансформации.

Материалом послужили 13 линий кукурузы из коллекции ВИР (В73; Мо17; Гк26зм; ХАТ-314; ХАТ-345; 94А244; F-421; С-35; С-11; 94А035; 94А295; 94275№58; ХАТ343). Выделение ДНК производилось при помощи коммерческого набора QIAGEN Dnase PlantMiniKit. Оценку качества выделенной ДНК производили при помощи спектрофотометра IMPLEN NP50 Nano Volum, а также при помощи электрофореза в 1,5-процентном агарозном геле. Спектральные характеристики полученных препаратов лежали в пределах нормы, значения отношения A_{260}/A_{280} составляли 1,8–2,4, а отношения A_{260}/A_{230} – от 1,7 до 2,2. Последовательности генов, ассоциированных с синтезом крахмала кукурузы *GBSSI*, *SBEIIb*, были взяты из генетических баз данных NCBI и Phytozome 13. Праймеры конструировали к участкам экзонов вручную с целью дальнейшего секвенирования участка с 2–4 экзонами гена. С использованием программ CRISPRdirect, CRISPR-P 2.0 проводился подбор сайтов-мишеней (20 пн). Для связывания протоспейсера был выбран специфический нуклеотидный сегмент NGG. В качестве фермента для редактирования использовалась нуклеаза SpCas9, т.к. она не требует дополнительных белков для связывания и разрезания ДНК. Определение неспецифических сайтов разрезания геномной ДНК проводилось с использованием Cas-OFFinder. Праймеры для 2 таргетов и плазида были сконструированы по методике Xing et al. (2014).

Проведен *in silico* анализ генов *GBSSI*, *SBEIIb*, которые ассоциированы с биосинтезом крахмала. Подобран дизайн праймеров к выбранным генам мишеням кукурузы. Праймеры были апробированы посредством ПЦР и гель-электрофореза.

Ресеквенированы первые экзоны генов *GBSSI* и *SBEIIb*. Выравнение последовательностей с референсным геном (Линия В73) производилось при помощи

программы Molecular Evolutionary Genetics Analysis (MEGA). В результате не были обнаружены генетические мутации. Подобраны направляющие РНК к первым экзонам генов *GBSSI* и *SBEIIb*. Согласно методическим рекомендациям Xing et al. (2014), были сконструированы праймеры для плазмиды *pHUE 411* с 2 направляющими РНК. На основе *pHUE 411* были сконструированы 2 плазмиды с 2 таргетами.

В результате проведенных исследований сконструированы праймеры к генам синтеза крахмала *GBSSI* и *SBEIIb*. Ресеквенированы первые экзоны этих генов у инбредных линий кукурузы и побраны направляющие РНК. Сконструированы и проверены 2 вектора с двумя таргетами на основе плазмиды *p HUE411* для генетической трансформации и редактирования инбредных линий кукурузы с заданными свойствами крахмала.

Благодарности: №21-66-00012 «Создание с использованием генетических технологий и изучение новых линий растений, адаптированных к меняющимся условиям окружающей среды, обладающих повышенной продуктивностью и диетической ценностью».

АНАЛИЗ ПОЛНОГЕНОМНЫХ АССОЦИАЦИЙ *TRITICUM DICOCIMUM* КАК ИНСТРУМЕНТ ПОВЫШЕНИЯ ПРОДОВОЛЬСТВЕННОЙ БЕЗОПАСНОСТИ

К. А. Федорова, Т. Е. Старовойтова, Н. А. Швачко

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

GENOME-WIDE ASSOCIATION STUDIES OF *TRITICUM DICOCIMUM* AS AN INSTRUMENT TO INCREASE FOOD SECURITY

K. A. Fedorova, T. E. Starovoytova, N. A. Shvachko

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

Полба (*Triticum dicoccum*) – одна из древнейших тетраплоидных ценных злаковых культур, посевы которой в настоящее время в России встречаются в республиках Татарстан, Башкортостан, Чувашия, Дагестан и Карачаево-Черкесия. В условиях изменения климата и необходимости достижения продовольственной безопасности существует потребность в углубленном понимании генетической базы, которая лежит в основе урожайности и других хозяйственно ценных признаков полбы. Для этой цели исследование было осуществлено с помощью полногеномного анализа ассоциаций (GWAS), который является высокоэффективным инструментом для изучения взаимосвязей между фенотипическими признаками и генетическими маркерами. Был проведен полногеномный анализ ассоциаций 154 образцов полбы (*T. dicoccum*) из коллекции ВИР. Выборка была генотипирована в Курчатовском центре с применением чипа Illumina высокой плотности и фенотипирована в полевых условиях Дагестанской опытной станции ВИР в 2022 г. в соответствии с методическими рекомендациями ВИР. GWAS был выполнен в программе TASSEL 5.0. Для выявления локусов, ассоциированных с признаком, были применены две статистические модели: GLM+PCA (обобщенная линейная модель с анализом главных компонент) и MLM+K (смешанная линейная модель, учитывающая матрицу родства). Уровень значимости SNP определялся с помощью поправки (i) коррекции по Бонферрони, при этом пороговое значение (0,05) делилось на количество тестов, то есть на количество анализируемых маркеров, что составило $4 \cdot 10^{-7}$. В результате были выявлены геномные районы на исследуемой выборке связанные с важными хозяйственно ценными признаками. При использовании статистической модели MLM+K было выявлено 23 маркера. Был обнаружен по признаку «высота растений» один маркер на хромосоме 6B. По признаку «число зерен колоса» было выявлено два маркера с одним геномным районом на хромосомах 3B, 3D. По признаку «масса зерен колоса» выявлено 14 маркеров, которые локализуются на хромосомах 5B, 7A, 7B, 1B, 4A, 1D, 2A. По признаку «масса 1000 зерен» были найдены 6 маркеров, расположенных на хромосомах 1B, 6B, 7B, 5B. При использовании статистической модели GLM+PCA было обнаружено 18 маркеров на хромосомах 1B, 2A, 2B, 3A, 3B, 4A, 4B, 5B, 5D, 6B, 7B по признаку «масса 1000 зерен» и 9 маркеров на хромосомах 1A, 1B, 2A, 2B, 3A, 4A, 7B по признаку «число колосков с колоса». Полученные данные будут использоваться для выявления геномных локусов у ряда изученных признаков. Таким образом, данное исследование предоставит ценную информацию о генетических локусах и их потенциальных генах, лежащих в основе признаков, которые считаются важными факторами, способствующими повышению урожайности. Идентифицированные и маркированные источники повышения продуктивности и урожайности в дальнейшем будут являться исходным материалом для улучшения полбы по хозяйственно ценным признакам.

Работа выполнена в рамках государственного задания согласно тематическому плану ВИР по проекту № 15Н 0481-2022-0007.

**ИЗУЧЕНИЕ ВЛИЯНИЯ СВЕРХНИЗКИХ ТЕМПЕРАТУР НА
ЖИЗНЕСПОСОБНОСТЬ СЕМЯН РЫЖИКА (*CAMELINA SATIVA* (L.) CRANTZ.)
И РАПСА (*BRASSICA NAPUS* L. SUBSP. *OLEIFERA* METZGER)**

У. В. Федорова, Г. Ф. Сафина, Н. Г. Конькова, В. Г. Вержук, А. Г. Дубовская
Федеральный исследовательский центр Всероссийский институт генетических ресурсов
растений имени Н.И. Вавилова (ВИР), Санкт-Петербург, Россия, fdul03@mail.ru

**THE EFFECT OF ULTRA-LOW TEMPERATURES ON THE VIABILITY OF
CAMELINA SATIVA (L.) CRANTZ. AND *BRASSICA NAPUS* L. SUBSP. *OLEIFERA*
METZGER SEEDS**

U. V. Fedorova, G. F. Safina, N. G. Kon'kova, V. G. Verzhuk, A. G. Dubovskaya
N.I. Vavilov All-Russian Institute of Plant Genetic Resources (VIR), St. Petersburg, Russia,
fdul03@mail.ru

Рыжик (*Camelina sativa* (L.) Crantz.) – масличная культура, семейства Brassicaceae Burnett. Это однолетнее растение, высотой от 30 до 80 см с тонкими ветвящимися стеблями. Семена у рыжика мелкие (1,5–2,0 мм), рыжего цвета. В промышленных масштабах он выращивается в Западной и Восточной Сибири. Урожай семян варьирует в пределах 0,8–1,5 т/га. Семена содержат 30–39 % масла. В пищевом отношении масло рыжика ценится очень высоко, поскольку содержит полиненасыщенные жирные кислоты омега-3 и омега-6, жирорастворимые витамины, микроэлементы.

Рапс (*Brassica napus* L. subsp. *oleifera* Metzg.) – масличное растение семейства Brassicaceae – распространен повсеместно в зоне умеренного климата. Жирнокислотный состав пищевого рапсового масла подобен оливковому. Масличность семян составляет 40–45 %, йодное число масла 108–118, кислотное число 0,4–4,0. Шрот содержит около 26 % белков и используется в кормопроизводстве. Масло рапса применяется также как ценное техническое сырье.

Целью исследования является определение влияния криохранения семян на их всхожесть и энергию прорастания, фенологические параметры и семенную продуктивность. Всхожесть семян определяли по ГОСТ 12038-84, влажность по ГОСТ 10856-96. Для криоконсервации семена помещали в пластиковые криопробирки и погружали в жидкий азот (–196 °С) на 12 месяцев. После криохранения семена вынимали, размораживали в комнатных условиях при температуре +18...+20 °С, высевали в пластиковые растильни на фильтровальную бумагу и помещали на 3–6 дней на проращивание в термостате при температуре +20 °С. После прорастания семян в контрольном (без азота) и опытном (после криохранения) вариантах проводилась оценка их жизнеспособности.

Для изучения влияния низкотемпературного хранения на семена были выбраны 30 образцов рыжика различного происхождения. Результаты проращивания показали большие значения энергии и всхожести семян рыжика в контрольном варианте и после криохранения: в контроле значения находились на уровне 95,0–98,0 %, при этом выделились образцы к-3958 (Украина) и к-4056 (Омская область), после криоконсервации выделился образец к-4056 (Омская область) – энергия прорастания семян 97,0 %, всхожесть 100,0 %. Для полевого опыта (НПБ «Пушкинские и Павловские лаборатории ВИР», 2023 г.) были взяты 3 образца ярового рыжика: 1) к 3958 (Украина); 2) к- 3967 (Алтай); 3) к- 4056 (Омская область). Исследованные образцы рыжика в полевом опыте также показали высокие значения в контрольном варианте и после хранения в жидком азоте. В полевом опыте по массе семян с растения и массе семян с 1 м² более высокие значения получены у образца к-4056 (Омская область) – масса семян в контроле 162,8 г/м², после криохранения – 142,1 г/м².

Для изучения влияния низкотемпературного хранения на семена рапса выбраны 30 образцов рапса различного происхождения как ярового, так и озимого типа развития. Результаты определения всхожести и энергии прорастания семян после экспозиции в парах жидкого азота в течении года показывают, что угнетения этих показателей не происходит, энергия прорастания сортов на уровне 64,0–98,0 %, по всхожести некоторые сорта демонстрируют 100 % – озимый сорт *Warszawski* (Польша), яровой сорт *Jenni* (Дания), яровой сорт *Hermes* (Швеция). Для полевого опыта выбраны 3 сорта ярового рапса, созданные разными селекционными учреждениями в различных регионах: 55-й регион (Сибирская опытная станция ВНИИМК, Омская область), Ордеж 6 (ЛНИИСХ «Белогорка», Ленинградская область), Прометей (ВНИИ рапса, Липецкая область). Все сорта относятся к «00»-типу (не содержат эруковой кислоты в масле и глюкозинолатов в зеленой массе) и допущены к выращиванию в Северо-Западном регионе.

Результаты лабораторной оценки энергии прорастания семян рапса после криохранения показали, что у изученных сортов она находилась на уровне 68,7–96,0 %, всхожесть семян от 87,3 % до 96,7 %. По этим показателям выделился сорт Прометей (к-5603) – 96,0 и 96,7% соответственно). Полевая жизнеспособность растений в период цветения оказалась ниже у контрольных растений и не превышала 31,7 %, после криохранения же была выше и находилась в пределах 26,7–38,0 %. Выделился сорт 55-й регион (к-5455) – 83,0 %. Сравнение энергии прорастания и всхожести семян после экспозиции в парах жидкого азота в течение одной недели (2022 г.) и в течение одного года (2023 г.) показало, что они оказались выше при увеличении срока воздействия низкой температуры, кроме значения энергии прорастания у сорта Ордеж 6. Результаты наблюдения фенологии, измерения высоты и продуктивности растений в 2022 и 2023 г. показывают, что различия значений признаков между годами изучения превышают различия между сортами и между контролем и опытом для каждого сорта.

Полученные результаты позволяют предполагать, что хранение семян в парах жидкого азота по описанной методике не оказывает угнетающего воздействия на показатели жизнеспособности и продуктивности изученных сортов рапса и коллекционных образцов рыжика.

ОПЫТ ВЫРАЩИВАНИЯ ТОМАТОВ И ПЕРЦЕВ КОЛЛЕКЦИИ ВИР УЧАЩИМИСЯ КЛУБА ЮННАТОВ ДДТ «ПРЕОБРАЖЕНСКИЙ»

А. Фокина, Ан. Фокина, Н. Серченя, А. Иванов, Т. Ксоти́на, С. Костина, А. Лялин,
Т. Серге́ева, Е. Перепелкина, М. З. Хабурзания, Ж. В. Кривохатская,
А. А. Маркелова, А. В. Шibaкова

Дворец детского творчества Центрального района Санкт-Петербурга «Преображенский»,
Санкт-Петербург, Россия, ddtpr.cent@obr.gov.spb.ru

EXPERIMENTAL CULTIVATION OF TOMATOES AND PEPPERS FROM THE VIR COLLECTION BY THE STUDENTS OF THE YOUNG NATURALISTS' CLUB AT THE PREOBRAZHENSKY PALACE OF CHILDREN'S CREATIVITY

A. Fokina, An. Fokina, N. Serchenya, A. Ivanov, T. Ksotina, S. Kostina, A. Lyalin,
T. Sergeeva, E. Perepelkina, M. Z. Khabourzania, Zh. V. Krivokhatskaya,
A. A. Markelova, A. V. Shibakova

Preobrazhensky Palace of Children's Creativity of the Central District of St. Petersburg,
St. Petersburg, Russia, ddtpr.cent@obr.gov.spb.ru



В Концепции долгосрочного социально-экономического развития России образование рассматривается как один из результатов инновационного развития и как необходимое условие для системных изменений во всех сферах жизнедеятельности государства. Потребность современного общества в высококвалифицированных специалистах, обладающих глубокими знаниями и способных к новаторству, обусловила провозглашение курса на повышение значимости естественнонаучного образования, подготовку кадров, которые смогли бы обеспечить научную и техническую конкурентоспособность России.

Цель: формирование у детей и родителей интереса к познавательно-исследовательской деятельности в ходе выращивания культурных растений (томатов и перцев).

Задачи:

- сформировать у детей элементарные базовые естественно-научные представления о природе и взаимодействии с генетическими ресурсами растений;
- сформировать трудовые навыки выращивания растений и ухода за ними;
- сформировать и расширить представления у детей о способах выращивания растений через рассаду;
- стимулировать желание трудиться самостоятельно; воспитать доброжелательное, бережное отношение к природе, уважение к труду старших;
- объединить детей и взрослых для совместной деятельности.

Проект направлен на расширение знаний о культурных огородных растениях, а также на формирование знаний об уходе за растениями, на осознание детьми значимости овощей в жизни человека. Трудовая деятельность детей способствует усвоению навыков ухода за растениями. Ознакомление с разными видами растений способствует развитию познавательной сферы участников проекта и общего кругозора. Совместное взаимодействие в процессе трудовой деятельности со взрослыми и сверстниками благоприятно влияет на развитие коммуникативных навыков. Таким образом, проект способствует расширению представлений детей о растениях, как живых организмах, об условиях, необходимых для их роста и развития, а также развивает этическое чувство, умение радоваться красоте выращиваемых растений и результатом своего труда.

Основной идеей проекта является популяризация выращивания томатов и перцев в различных условиях. Проводниками данной информации являются школьники, получающие знания в процессе опытнической и исследовательской деятельности по выращиванию культурных растений. Информация будет транслироваться школьниками через демонстрацию своих достижений на конференциях, выступлениях в СМИ, презентации своего опыта в образовательных организациях, перед сверстниками, через Интернет, а также через информирование родителей, друзей и другими способами. Выращивание томатов и перцев учащимися и родителями клуба натуралистов ДДТ «Преображенский» необходимо для формирования у участников общественного сознания и повышения информированности общества о значимости генетических ресурсов растений. Способствует формированию базовых знаний экологической культуры, познанию и бережному отношению к природе, закладывает основы профориентации.

В проекте участвовало более 25 учеников клуба, из них 6 человек в составе семейных команд. Удачно вырастить рассаду удалось не всем. Данные в той или иной форме (фотографии, плоды, таблицы наблюдений) предоставили 16 участников. Многим удалось собрать урожай и провести дегустацию плодов. Результаты у всех получились разные. Общий вывод – практические формы работы, такие как посев, посадка и уход за томатами и перцами, способствуют воспитанию доброжелательного отношения к природе, уважению к труду старших, умению сотрудничать с взрослыми и сверстниками.

ЕСТЕСТВЕННЫЕ ПЛОДОВИТЫЕ СПОНТАННЫЕ ЭГИЛОПСО-ПШЕНИЧНЫЕ ГИБРИДЫ – ХРОМОСОМНЫЙ И ИХ ЦИТОЭМБРИОЛОГИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ

Н. Н. Чикида¹, Г. И. Пендинен¹, Г. Е. Титова², М. Х. Белоусова¹, Ю. В. Иванова¹

¹ Федеральный исследовательский центр Всероссийский институт генетических ресурсов растений имени Н.И. Вавилова (ВИР), Санкт-Петербург, Россия, ivanovvaa98@gmail.com

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

NATURAL FERTILE SPONTANEOUS HYBRIDS BETWEEN *AEGILOPS* AND WHEAT: CHROMOSOMAL AND CYTOEMBRYOLOGICAL ANALYSES

N. N. Chikida¹, G. I. Pendinen¹, G. E. Titova², M. Kh. Belousova¹, Yu. V. Ivanova¹

¹ N.I. Vavilov All-Russian Institute of Plant Genetic Resources (VIR), St. Petersburg, Russia, ivanovvaa98@gmail.com

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

Существует лишь небольшое число сородичей пшеницы, чьи хромосомы способны конъюгировать с хромосомами пшеницы и, следовательно, чьи полезные гены могут быть переданы пшенице обычными селекционными методами. Для большинства же необходимо использование специальных приемов геномной и хромосомной инженерии с тем, чтобы их генетическое разнообразие преобразовать в форму, доступную для традиционной селекции.

В связи с этим разработана и использована эффективная методика сохранения и использования генофонда дикорастущих сородичей в улучшении мягкой пшеницы принадлежит к числу наиболее актуальных проблем генетики и селекции.

Число диких сородичей – потенциальных источников ценных генов устойчивости к болезням мягкой пшеницы – достаточно велико: это виды родов *Triticum*, *Aegilops*, *Agropyron*, *Secale*, *Haynaldia*, *Villosa* и другие.

На Дагестанской ОС ВИР были получены 20 естественных спонтанных плодовых эгилопсо-пшеничных гибридов (СГ): 8 образцов вида *Ae. biuncialis*, 4 образца вида *Ae. trivialis*, 4 образца вида *Ae. kotschyi*, 2 образца вида *Ae. triuncialis*, 2 образца вида *Ae. ovata* и перед изучением в лабораторных условиях проверены на стабильность и плодovitость форм в течение 10 лет.

Естественные спонтанные плодовые эгилопсо-пшеничные гибриды являются уникальным материалом для изучения, т. к. на сегодняшний день только в коллекции видов рода *Aegilops* L. ВИР хранятся и изучаются данные образцы.

Материнской формой СГ являются 5 разногеномных видов рода *Aegilops*: *Ae. trivialis* (2n-42, DDM), *Ae. biuncialis* (2n-28, UM), *Ae. triuncialis* (2n-28, UC), *Ae. kotschyi* (2n-28, US), *Ae. ovata* (2n-28, UM).

Изучение естественных спонтанных плодовых эгилопсо-пшеничных гибридов мы начали с ботанического описания самих СГ и их материнских форм. Исследуемые СГ по ботаническим признакам отличаются между собой (рис. 1), а также отличаются от своих материнских форм, что говорит об их гибридном происхождении и подразумевает их дальнейшее изучение с целью поиска их отцовской формы, а также их изучение для использования в расширении генофонда рода *Triticum* L.

Одним из важных этапов нашего исследования является подсчет числа хромосом у СГ, которое позволит иметь полное представление о геномах у изучаемых СГ, определит в дальнейшем идентификацию отцовской формы, участвующей в гибридизации данных СГ.

Особое место в изучении СГ занимает анализ репродуктивных систем и динамика развития зародыша цитогенетическим методом. На рисунке 2 показаны отделенные завязи и пыльники на разных стадиях развития колосьев. Полученные данные позволят нам

увидеть процесс развития зародыша, обуславливающий стабильную фертильность СГ, а также иметь представление о структуре пыльников и развитии пыльцы у исследуемых СГ.



Рис. 1. Колосья исследуемых СГ



Рис. 2. Завязи и пыльники СГ на разных стадиях развития колоса: а – колос в трубке, б – колос вышел из трубки, в – колос перед цветением

УСТОЙЧИВОСТЬ СОРТОВ АЛЫЧИ СЕЛЕКЦИИ МАЙКОПСКОЙ ОПЫТНОЙ СТАНЦИИ ВИР К ГРИБНЫМ БОЛЕЗНЯМ

В. В. Шерстобитов, М. А. Колесова

Федеральный исследовательский центр Всероссийский институт генетических ресурсов растений имени Н.И. Вавилова (ВИР), Майкопская опытная станция – филиал ВИР, Майкоп, Россия, scherstobitow@mail.ru

RESISTANCE OF CHERRY PLUM CULTIVARS DEVELOPED AT MAIKOP EXPERIMENT STATION OF VIR TO FUNGAL DISEASES

V. V. Sherstobitov, M. A. Kolesova

N.I. Vavilov All-Russian Institute of Plant Genetic Resources (VIR), Maikop Experiment Station – branch of VIR, Maikop, Russia, scherstobitow@mail.ru

Алыча (*Prunus cerasifera* Ehrh.) – экономически выгодная плодовая культура (Еремин, 1989; Горина, Лукичева, 2019), по рентабельности она не уступает яблоне, сливе и персику (Еремин, 1989). Плоды *P. cerasifera* являются прекрасным сырьем для пищевой промышленности (Еремин, 1989). В настоящее время алыча не так интенсивно выращивается в производственных садах, как другие плодовые косточковые культуры (Горина, Лукичева, 2019), но ее часто используют в качестве подвоев (Еремин, 1989; Горина, Лукичева, 2019; Еремин, 2020). Деревья алычи можно применять для создания лесозащитных и придорожных полос, использовать в ландшафтном дизайне (Еремин, 1989). Вид *P. cerasifera* обладает высоким генетическим потенциалом (Горина, Лукичева, 2019) и сыграл значимую роль в происхождении и эволюции косточковых культур Переднеазиатского центра происхождения растений (Еремин, 2020).

Монилиоз плодов (возбудители – *Monilia laxa* (Aderh. & Ruhland) Honey и *M. fructigena* Pers.), клястероспориоз (*Clasterosporium carpophilum* (Lev.) Aderh.), ржавчина (*Tranzschelia pruni-spinosae* Pers.) и полистигмоз (*Polystigmina rubra* (Pers.) Sacc.) (рисунок) – вредоносные грибные болезни косточковых культур, в том числе алычи. Сильное развитие болезней приводит к снижению ассимиляционной поверхности листьев, преждевременному листопаду, снижению зимостойкости и гибели плодовых деревьев (Гатина, 1989). Экономический ущерб мирового производства косточковых культур только от монилиоза оценивается в 1,7 млн евро в год (Martini, Mari, 2014).



Рисунок. Поражение листьев алычи болезнями: 1 – ржавчиной, 2 – полистигмозом, 3 – клястероспориозом.

Закладка производственных садов устойчивыми сортами – наиболее экологически безопасный и эффективный метод защиты алычи от грибных болезней. Для селекции на резистентность необходимо наличие разнообразного исходного материала, в качестве источника которого может быть использована коллекция *Prunus cerasifera* Майкопской опытной станции – филиала Всероссийского института генетических ресурсов растений имени Н.И. Вавилова (Майкопской ОС – филиала ВИР). В настоящее время коллекция станции включает 92 образца алычи различного эколого-географического происхождения, в том числе четырнадцать сортов, созданных сотрудниками Майкопской ОС.

Цель работы – идентификация устойчивых к четырем грибным болезням сортов алычи селекции Майкопской ОС – филиала ВИР.

Материал исследования включал четырнадцать сортов *P. cerasifera* селекции Майкопской ОС ВИР. Оценку резистентности образцов алычи к болезням проводили в коллекционном саду Майкопской ОС в 2011–2022 гг. по 6-балльной шкале (Седов, Огольцова, 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 26–50 % органов (повышенная восприимчивость), 5 – поражение свыше 50 % (высокая восприимчивость).

По данным многолетних исследований показано, что большинство сортов *P. cerasifera* селекции Майкопской ОС характеризовались высокой (балл 1) и повышенной (балл 2) резистентностью к *Clasterosporium carpophilum*. Только один сорт алычи ‘Крупная красная (Сбор 36)’ (к-12858) поражался на балл 3.

Только сорт *P. cerasifera* ‘Сбор N94’ (к-12089) был восприимчивым к полистигмозу, остальные сорта селекции Майкопской ОС характеризовались различным уровнем резистентности к *Polystigmina rubra*.

Восприимчивым к *Tranzschelia pruni-spinosae* был только сорт ‘Крупная красная (Сбор 36)’, остальные сорта были устойчивыми к болезни.

Все изученные сорта алычи были резистентными к монилиозу плодов. Восприимчивым к болезни был только контроль – сорт ‘Крупная красная 29’ (к-12857).

По данным многолетних исследований показано, что все сорта алычи селекции Майкопской ОС резистентны к монилиозу и клястероспориозу, большинство сортов *P. cerasifera* характеризуются устойчивостью к ржавчине и полистигмозу. Выделено также 12 сортов алычи, обладающих групповой резистентностью к четырем болезням. Они могут быть рекомендованы для селекции на иммунитет при создании сортов *P. cerasifera* с групповой устойчивостью к болезням.

Работа выполнена в рамках государственного задания согласно 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».



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



МЕРОПРИЯТИЕ № 4. ПРИКЛАДНАЯ ГЕНЕТИКА КУЛЬТУРНЫХ РАСТЕНИЙ – ПОСВЯЩАЕТСЯ 90-ЛЕТИЮ Б. В. РИГИНА

EVENT No. 4. APPLIED GENETICS OF CULTIVATED PLANTS – DEDICATED TO THE 90TH BIRTHDAY OF B. V. RIGIN



С коллегами (слева направо): И.Н. Анисимова, Г.И. Пендинен, В.Е. Чернов, И.М. Суриков, И.Н. Голубовская, Б.В. Ригин, Е.Е. Радченко, О.Ю. Антонова, Т.В. Лебедева, Т.А. Гавриленко, А.Р. Шувалова.



Доктор биологических наук, профессор Борис Викторович Ригин.
URL: DOI 10.18699/Letters2020-6-06



РАЗНООБРАЗИЕ ОБРАЗЦОВ ЯРОВОГО ЯЧМЕНЯ ИЗ СТРАН ВОСТОЧНОЙ АЗИИ ПО СКОРОСПЕЛОСТИ И ФОТОПЕРИОДИЧЕСКОЙ ЧУВСТВИТЕЛЬНОСТИ

Р. А. Абдуллаев, И. И. Матвиенко, О. Н. Ковалева, Е. Е. Радченко

Федеральный исследовательский центр Всероссийский институт генетических ресурсов растений имени Н.И. Вавилова (ВИР), Санкт-Петербург, Россия, abdullaev.1988@list.ru

DIVERSITY OF SPRING BARLEY ACCESSIONS FROM EAST ASIAN COUNTRIES IN THEIR EARLINESS AND PHOTOPERIODIC SENSITIVITY

R. A. Abdullaev, I. I. Matvienko, O. N. Kovaleva, E. E. Radchenko

N.I. Vavilov All-Russian Institute of Plant Genetic Resources (VIR), St. Petersburg, Russia, abdullaev.1988@list.ru

В условиях Северо-Западного региона России исследовали наследственное разнообразие 660 коллекционных образцов ярового ячменя из Восточноазиатского центра происхождения и доместикации культурных растений по скороспелости и фотопериодической чувствительности. В результате двухлетнего (2021–2022 гг.) полевого изучения выделены 19 образцов, характеризующихся высокой скоростью развития. С использованием основанных на ПЦР молекулярных маркеров изучили аллельное состояние генов *Ppd* и *VRN*, участвующих в контроле продолжительности периода «всходы – колошение», у 51 наиболее скороспелого в условиях Северо-Запада РФ образца. Для ячменей из стран Восточной Азии характерно большое количество образцов с доминантным аллелем *Ppd-H1* (90,2 % в изученной выборке), который контролирует раннее колошение ячменя на длинном дне. Три изученные формы (к-3513, к-6992, к-12291) имеют рецессивный аллель *ppd-H1*, обуславливающий раннее колошение в условиях короткого дня. У 36 образцов (70,5 % от числа изученных) выявлен аллель *Ppd-H2*, который определяет более раннее колошение ячменя при коротком дне. Наиболее распространено сочетание аллелей *Ppd-H1/Ppd-H2* (58,8 %), носители которого достоверно опережают другие генотипы по скорости развития при возделывании в условиях длинного дня. Выявили 11 групп с различными аллельными комбинациями генов *Ppd* и *VRN*. Пять образцов характеризовались уникальным для выборки сочетанием аллелей, 14 форм образовали 4 небольшие группы (по 2–5 образцов), 24 изученные формы распределились в две большие группы с комбинацией доминантных и рецессивных аллелей «DD-RRR» (*Ppd-H1Ppd-H2vrn-H1vrn-H2vrnH3*) и «DR-DRD» (*Ppd-H1ppd-H2Vrn-H1vrn-H2VrnH3*), представленные 17 и 7 образцами соответственно. Гетерогенными по одному и более аллелям оказались 8 образцов. В результате оценки фотопериодической чувствительности 24 образцов ярового ячменя, характеризовавшихся высокой скоростью развития в полевых условиях, выделили 8 источников слабой ФПЧ: к-6992, к-12291, к-18440, к-20247, к-21706, к-27076, к-30259, к-30263. Пять выделившихся образцов (к-18440, к-20247, к-21706, к-27076, к-30259) имеют наиболее распространенное среди изученных форм сочетание аллелей *Ppd-H1Ppd-H2vrn-H1vrn-H2vrnH3* (DD-RRR), у трех генотипов к-6992, к-12291, к-30263 идентифицированы уникальные комбинации «RD-RDR», «RD-DRR» и «DR-RRR» соответственно.

Таким образом, в условиях Северо-Западного региона России выявлено достаточно широкое внутривидовое разнообразие ячменей из стран Восточной Азии по скорости созревания, а также выделены источники слабой фотопериодической чувствительности. На основе молекулярно-генетического анализа выявлены генотипы, несущие адаптивно ценные комбинации аллелей генов *VRN-H1*, *VRN-H2*, *VRN-H3*, *Ppd-H1* и *Ppd-H2*, перспективные для выращивания в различных эколого-географических регионах России.

РАЗНООБРАЗИЕ ОБРАЗЦОВ КАФРСКОГО СОРГО ИЗ КОЛЛЕКЦИИ ВИР КАК ПОТЕНЦИАЛЬНЫХ ДОНОРОВ ДЛЯ СОЗДАНИЯ СТЕРИЛЬНЫХ ЛИНИЙ, ВОСТРЕБОВАННЫХ В ГИБРИДНОЙ СЕЛЕКЦИИ

Н. В. Алпатьева, И. Н. Анисимова, М. К. Рязанова, В. В. Васипов, Р. А. Абдуллаев,
О. И. Романова, Е. Е. Радченко

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

DIVERSITY OF KAFFIR SORGHUM ACCESSIONS FROM THE VIR COLLECTION AS POTENTIAL DONORS FOR PRODUCING STERILE LINES IN DEMAND WITH HYBRID BREEDING

N. V. Alpatieva, I. N. Anisimova, M. K. Ryazanova, V. V. Vasipov, R. A. Abdullaev,
O. I. Romanova, E. E. Radchenko

N.I. Vavilov All-Russian Institute of Plant Genetic Resources (VIR), St. Petersburg, Russia,
alpatievanataia@mail.ru

Кафрское сорго (*Sorghum caffrorum* (Beauv.) Jakushev.) традиционно используют в качестве носителя рецессивных аллелей генов восстановления фертильности пыльцы (*rf*) при создании материнских стерильных линий с цитоплазмой А1. Генетическое разнообразие *S. caffrorum* коллекции ВИР изучено недостаточно. Мы фенотипировали образцы кафрского сорго по морфологическим признакам зерна, составу электрофоретических спектров запасных белков кафиринов, а также изучали полиморфизм кафирин-кодирующих локусов.

У четырех образцов семенная оболочка была красного цвета, у 11 – розового и у одного образца – белого. Толщина стекловидного слоя на срезах семян варьировала: у трех образцов была значительной и достигала 1 мм при диаметре зерновки около 2 мм, а у остальных образцов эндосперм был мучнистым или частично стекловидным (рисунок).



Рисунок. Фенотипическое разнообразие зерен кафрского сорго (по: Алпатьева и др., 2024)

Для сравнения использованы зерна стерильной линии Низкорослое 81 (мучнистый эндосперм) и линии хлебного сорго 929-3 (стекловидный эндосперм).

С помощью электрофоретического анализа кафиринов различия между изученными образцами выявить не удалось. Дальнейший анализ проводили с использованием SSR-маркеров генов β - и γ -кафиринов, а также STS-маркера, локализованного в кодирующей области гена δ -кафирина. При использовании маркеров, сцепленных с геном β -кафирина, выявили 9 и 7 вариантов, γ -кафирина – 4, а для δ -кафирина – 2. С помощью маркера δ -кафирина у 10 образцов выявлен аллель гена со вставками, который кодирует полипептид с дополнительными молекулами незаменимой аминокислоты метионина (таблица).

С помощью метода главных координат РСоА удалось дифференцировать почти все изучаемые образцы. Гетерогенными оказались к-244, к-245, к-584 и к-684. Напротив, идентичные профили ДНК-маркеров имели все растения образцов к-1786, к-295 и одно растение образца к-684, а также к-3561 и к-1217. Стерильная линия Низкорослое 81, при создании которой кафрское сорго использовали в качестве отцовской формы, имела профиль маркеров, идентичный таковому растений гетерогенных образцов к-245 и к-244.

Таким образом, изученные образцы кафрского сорго представляют собой гетерогенную группу. Они могут быть востребованы в гибридной селекции зернового сорго и для получения гибридов F₂ с разной окраской семенной оболочки, толщиной стекловидного слоя и, по предварительным данным, качеством зерна.

Таблица. Разнообразие образцов кафрского сорго по цвету зерновки, толщине стекловидного слоя эндосперма и молекулярным маркерам (по Алпатьева и др., 2024)

№ по каталогу ВИР	Образец	Размер ПЦР продукта, полученного с помощью праймеров:				Цвет зерна	Толщина стекловидного слоя, мм
		bKAF SSR1	bKAF SSR2	gKAF SSR	dKaf		
	Низкорослое 81c	220	158	197	681	красный	0,4–0,5
	929-3	202	206	201	642	белый	0,4–1,0
161	Sunrise koffir	212	206	197	642	розовый	0,3–0,6
198	Red Kaffa 157	224	141	197	681	красный	0,1–0,2
239	White Kaffir Corn	220	158	199	681	белый	0,2–0,5
244(a)	Blakhull Kaffir	224	158	197	681	розовый	0,5–0,7
244(б)	Blakhull Kaffir	220	158	197	681		
245(a)	Blakhull Kaffir	218	158	197	681	розовый	0,2–0,5
245(б)	Blakhull Kaffir	220	158	197	681		
251	Sunrise Kaffir	214	206	197	681	белый	0,1–0,2
295	Kaffir Corn	228	182	193	681	красный	0,2–1,0
584(a)	Red Kaffir	228	186	193	681	красный	0,1–0,3
584(б)	Red Kaffir	228	182	193	681		
679	Red Blashill Kaffir	220	158	199	642	розовый	0,2–0,4
684(a)	Pink Kaffir	228	182	193	681	розовый	0,1–0,4
684(б)	Pink Kaffir	242	182	193	681		
1217	Blakhull Kaffir	222	158	199	642	розовый	0,3–1,0
1611	Red Kaffir	228	190	193	681	красный	0,2–0,4
1764	Blakhull White Kaffir Corn	220	158	199	642	розовый	0,3–0,7
1786	Бело-розовое кафрское № 41	228	182	193	681	розовый	0,2–0,4
к-3023	Texas Kaffir	226	158	199	642	розовый	0,4–0,7
к-3561	Blakhull Kaffir	222	158	199	642	розовый	0,4–1,0

Работа выполнена в рамках государственного задания согласно тематическому плану ВИР по проекту 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».

СКРЕЩИВАЕМОСТЬ МЯГКОЙ ПШЕНИЦЫ С РОЖЬЮ ПОСЕВНОЙ: КЛАССИЧЕСКИЕ И МОЛЕКУЛЯРНЫЕ МЕТОДЫ В АНАЛИЗЕ ПРИЗНАКА

О. Ю. Антонова, И. В. Поротников, О. П. Митрофанова

Федеральный исследовательский центр Всероссийский институт генетических ресурсов растений имени Н.И. Вавилова (ВИР), Санкт-Петербург, Россия, email: olgaant326@mail.ru

CROSSABILITY OF BREAD WHEAT WITH RYE: CLASSICAL AND MOLECULAR METHODS IN THE TRAIT ANALYSIS

O. Yu. Antonova, I. V. Porotnikov, O. P. Mitrofanova

N.I. Vavilov All-Russian Institute of Plant Genetic Resources (VIR), St. Petersburg, Russia,
olgaant326@mail.ru

Гибридизация мягкой пшеницы, МП (*Triticum aestivum* L.), с рожью посевной (*Secale cereale* L.) позволила не только обогатить генофонд пшеницы ценными аллелями генов ржи, но и в течение двух столетий создать новую синтетическую зерновую культуру × *Triticosecale* Wittm. and A. Camus (Грабовец, 2019). К настоящему времени установлено, что за прогамную несовместимость МП с рожью (завязываемость зерновок 0–10 %) ответственны доминантные аллели генов *Kr1-Kr4* и супрессора *SKr*. В рецессивном состоянии, когда гены не действуют, в колосе пшеницы при опылении его пылью ржи могут завязываться гибридные зерновки с частотой более 50 %. С помощью серий межсортовых замещенных линий показана локализация генов *Kr1-Kr3* на хромосомах пятой гомеологичной группы пшеницы, а гена *Kr4* – на хромосоме 1A (Riley, Chapman, 1967; Zheng et al., 1992).

В ВИР проблемой взаимосвязанности пшеницы и ржи интересовались практически с момента создания учреждения. Так, Н. И. Вавиловым и его соратниками в ходе экспедиций 1920-х гг. были определены ареалы совместного произрастания этих видов, выявлена область в восточной Азии, где рожь исторически с пшеницей не возделывалась, в отличие от Западной Азии и Европы (Вавилов, 1926). В 1960–1970-е гг. были проведены скрещивания большого числа образцов различных экологических типов МП с рожью, выделен целый ряд образцов, в т. ч. Сибирка Ярцевская (к-38587), Akadaruma (к-42052), с завязываемостью пшенично-ржаных гибридных зерновок более 50 %. Показано, что такие формы распространены среди образцов пшеницы китайского и восточносибирского экотипов (Писарев, 1960; Ригин, 1976). Путем химического мутагенеза гибридов от несовместимых с рожью сортов озимой МП Артур и Мироновская 808 созданы скрещивающиеся с рожью более адаптированные к умеренному климату линии озимого типа развития: АМ 808 (к-60727) и МА 808 (к-60726) (Рехметулин, 1988), а также целый ряд линий отобран из межсортовой гибридной комбинации Приекульская-481 × Chinese Spring (Суриков, 1980). В 2000-е гг. от коллекционных образцов местных сортов из Восточных провинций Китая выделено более 30 линий, скрещивающихся с рожью (Пюккенен, 2007).

Новый этап в познании природы признака нескрещиваемости пшеницы с рожью начался с введения молекулярных маркеров в генетический анализ: с помощью QTL-анализа было подтверждено наличие генов *Kr1* и *Kr2*, а также идентифицирован локус *SKr* (Suppressor of crossability), который, как и *Kr1*, локализован на хромосоме 5B, но только на ее коротком плече – 5BS (Tixier et al., 1998). Оба этих гена вносят основной вклад в проявление признака несовместимости (Tixier et al., 1998, Vertin et al., 2009). Для *SKr* разработаны сцепленные ДНК-маркеры (Bouguennec et al., 2018), позволяющие проводить передачу «легкой скрещиваемости с рожью», контролируемой рецессивными аллелями *skr*, в другие сорта МП.

В настоящее время с использованием этих ДНК-маркеров, а именно маркеров *cfb341*, *TGlc2*, *gene12* и *gene13* мы оценили генетическое разнообразие образцов из коллекции пшеницы ВИР, в том числе сортов и линий, ранее охарактеризованных сотрудниками института по скрещиваемости мягкой пшеницы с рожью. Результаты анализа некоторых из них приведены в таблице. Так, мы подтвердили высокую скрещиваемость с рожью для Линий 421, 427, 430 и 432, полученных И. М. Суриковым и Н. И. Киссель (1980), и показали наличие у них гаплотипа #1, несущего диагностические фрагменты «высокой скрещиваемости», т. е. для них была характерна правильная ассоциация «аллель-признак» (см. таблицу).

Высокая скрещиваемость с рожью была подтверждена для большинства (31 из 36) линий из Китая (Пюккенен, 2007). Для данных линий характерны гаплотипы #1 и #3, ассоциированные с высокой завязываемостью гибридных зерновок. Аналогично гаплотип #1 характерен для образца *Akadaruma*, совместимого с рожью (Ригин, 1976).

Новые, неописанные в литературе аллели маркерных локусов, сцепленных с геном *SKr*, были выявлены у линии Л42-ХСР из Китая, а также у ряда образцов из Пакистана и Красноярского края, граничащего с Монголией. Так, образец Сибирка Ярцевская (Россия, Красноярский край), выделенный Б. В. Ригиным по признаку «высокой скрещиваемости с рожью» оказался гетерогенным по маркерным локусам, сцепленным с геном *SKr*: часть растений была с гаплотипом #2, сопряженным с низкой скрещиваемостью, а остальные растения имели гаплотип #8 с новыми аллелями локусов. При этом все растения образца Сибирка Ярцевская проявляли высокую скрещиваемость с рожью (см. таблицу).

Таблица. Гаплотипы, выделенные по аллельному составу маркерных локусов гена *SKr*, у некоторых образцов и линий МП, полученных в ВИР

Образец или растение (Р)	Скрещиваемость с рожью (%)		Размеры фрагментов (п. о.)				Гаплотип
	по данным литературы	собственным данным (2021–2023 гг.)	<i>cfb341</i>	<i>TGlc2</i>	<i>gene12</i>	<i>gene13</i>	
Л42-ХСР Р1 из (к-62782)	71,4	35,7-40,0	176	291	320	451	10
Линия 421 (к-59275)	69,9	37,5-58,3	176	291	391	456	1
Линия 432 (к-59278)	81,6	47,6-55,5	176	291	391	456	1
Сибирка Ярцевская (к-38587)	79,3	37,5-56,3	135	256	0	421	8
		35,3	163	279	342	451	2
<i>Akadaruma</i> (к-24961)	70,8	43,8-87,5	176	291	391	456	1

Примечание: зеленым выделены аллели/гаплотипы, ассоциированные с высокой скрещиваемостью с рожью, красным – с низкой, другими цветами – новые аллели

Таким образом, проведенные молекулярно-генетические исследования позволили охарактеризовать линии МП с высокой скрещиваемостью с рожью по маркерным локусам, тесно сцепленным с геном *SKr* – основным по силе геном, контролирующим данный признак. Для большинства из изученных линий была характерна правильная ассоциация «аллель-признак высокой скрещиваемости с рожью».

Работа выполнена в рамках Государственного задания FGEM-2022-0008.

СОЗДАНИЕ СЕЛЕКЦИОННОГО МАТЕРИАЛА ЯЧМЕНЯ, УСТОЙЧИВОГО К ПЫЛЬНОЙ ГОЛОВНЕ, С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ МЕТОДОВ БИОТЕХНОЛОГИИ

Н. П. Бехтольд¹, Е. А. Орлова¹, Н. В. Петраш¹, О. Ю. Шоева^{2,3}, И. В. Тоцкий²

¹ Федеральный исследовательский центр Институт цитологии и генетики Сибирского отделения Российской академии наук (ИЦиГ СО РАН), Сибирский научно-исследовательский институт растениеводства и селекции – филиал ИЦиГ СО РАН, Новосибирская область, Россия, telichkinanina@mail.ru

² Федеральный исследовательский центр Институт цитологии и генетики Сибирского отделения Российской академии наук (ИЦиГ СО РАН), Новосибирск, Россия

³ Курчатовский геномный центр – филиал ИЦиГ СО РАН, Новосибирск, Россия

DEVELOPMENT OF SMUT-RESISTANT BARLEY BREEDING MATERIAL USING BIOTECHNOLOGY METHODS

N. P. Bechtold¹, E. A. Orlova¹, N. V. Petrash¹, O. Yu. Shoeva^{2,3}, I. V. Totsky³

¹ Institute of Cytology and Genetics of the Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences (IC&G SB RAS), Siberian Research Institute of Plant Production and Breeding – branch of the IC&G SB RAS, Novosibirsk Province, Russia, telichkinanina@mail.ru

² Institute of Cytology and Genetics of the Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences (IC&G SB RAS), Novosibirsk, Russia

³ Institute of Cytology and Genetics of the Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences (IC&G SB RAS), Kurchatov Genomic Center – branch of the IC&G SB RAS, Novosibirsk, Russia

Пыльная головня (*Ustilago nuda* (Jens) Kell. et Sw.) – широко распространенное в мире заболевание ярового ячменя. Возбудитель заболевания представлен различными по агрессивности и вирулентности таксономическими единицами, которые в неодинаковой мере поражают сорта. В настоящее время уделяется все большее внимание генетической защите сортов ячменя от пыльной головни. Одним из эффективных методов создания устойчивых сортов является совместное применение классических приемов селекции, основанных на гибридизации доноров генов устойчивости с реципиентными сортами, и новейших методов отбора с помощью молекулярных маркеров, а также использование технологии получения удвоенных гаплоидов. Известно более пятнадцати генов *Run*, контролирующих устойчивость к возбудителю *Ustilago nuda*, среди которых в селекционной практике наиболее часто применяют гены *Run3,6* и *8*, определяющие устойчивость к наиболее известным расам пыльной головни. Ген *Run6* был картирован в длинном плече хромосомы 3Н, а ген *Run8* – в длинном плече хромосомы 1Н, показано, что он кодирует протеинкиназу, для которой в базе данных EnsemblPlants доступна нуклеотидная последовательность HORVU.MOREX. r3.1HG0087290. Локализация и нуклеотидные последовательности других генов *Run* до сих пор не установлены. Для анализа популяции на наличие гена *Run6* известен ряд ДНК-маркеров. Для маркер-ориентированной селекции ячменя на устойчивость к пыльной головне по гену *Run8* также был разработан ряд маркеров.

Цель данного исследования заключалась в создании гибридного материала, несущего аллели генов устойчивости к возбудителю пыльной головни, и в апробации молекулярных маркеров для отбора устойчивых гибридных растений. В данной работе для гибридизации был выбран перспективный сибирский сорт Биом и пивоваренный восприимчивый к возбудителю *U. nuda* сорт Грейс. В качестве донора устойчивости использовали сорта Effendi, Эльф и Раушан с идентифицированным геном *Run8* (таблица).

Таблица. Используемые в исследовании образцы ярового ячменя и их аллели маркеров к генам *Run6* (*EBmac0541*, *EBmag705*) и *Run8*. (+), (++) – аллель с инсерцией меньшего и большего размера, (-) – аллель без инсерции, (--) – аллель с делецией, 0 – аллель не определен

№ по каталогу ВИР	Сорт	Происхождение (страна-оригинатор)	Ген устойчивости	Максимальный % поражения	<i>Run8</i>
к-30984	Биом	Россия	–	36,0	–
к-31126	Грейс	Германия	–	73,3	–
к-21873	Effendi	Нидерланды	<i>Run8</i>	0	+
к-30174	Эльф	Россия	<i>Run8</i>	0,8	+
к-30592	Раушан	Россия	<i>Run8</i> , <i>Run15</i>	0,7	+

В результате проведения скрещиваний получили 3 гибридных комбинации. Полученные гибридные растения размножали в камере ускоренного выращивания растений (УВР). Для отбора растений из перечисленных гибридных комбинаций на первом этапе было проведено тестирование ДНК-маркеров на наличие полиморфизма между родительскими образцами. Маркер к гену *Run8* был разработан на основе его нуклеотидной последовательности. С помощью ПЦР, проведенной на ДНК родительских образцов, у тестируемого маркера был выявлен аллельный полиморфизм. По результатам маркерного анализа был выделен ряд комбинаций, несущих аллели устойчивых сортов. Проверка этих образцов на фитопатологическом участке (при искусственной инокуляции патогеном) показала, что не все линии являлись устойчивыми к возбудителю пыльной головни. Работа с выделенными перспективными гибридными комбинациями будет продолжена. Так же нами была отработана методика получения удвоенных гаплоидов ячменя с выходом зеленых растений более 2,5 %. В ходе проведенных опытов было создано несколько ДН-линий ячменя, устойчивых к пыльной головне.

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

ИЗМЕНЧИВОСТЬ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ФЕРТИЛЬНОСТИ ПЫЛЬЦЫ И ВОЗМОЖНЫЕ ПРИЧИНЫ ПОНИЖЕННОЙ ЗАВЯЗЫВАЕМОСТИ СЕМЯН У ГИБРИДОВ, ПОЛУЧЕННЫХ ПРИ ИСПОЛЬЗОВАНИИ ЦМС-ЛИНИЙ

О. Н. Воронова¹, В. А. Гаврилова², И. Н. Анисимова²

¹ Ботанический институт им. В.Л. Комарова Российской академии наук, Санкт-Петербург, Россия

² Федеральный исследовательский центр Всероссийский институт генетических ресурсов растений имени Н.И. Вавилова (ВИР), Санкт-Петербург, Россия, o_voronova@binran.ru

VARIABILITY OF POLLEN FERTILITY INDICATORS AND POSSIBLE CAUSES OF REDUCED SEED SETTING IN HYBRIDS OBTAINED USING CMS LINES

O. N. Voronova¹, V. A. GavriloVA², I. N. Anisimova²

¹ Komarov Botanical Institute of the Russian Academy of Sciences, St. Petersburg, Russia

² N.I. Vavilov All-Russian Institute of Plant Genetic Resources (VIR), St. Petersburg, Russia, o_voronova@binran.ru

Были изучены характер наследования признака восстановления фертильности пыльцы (контролируется геном *Rf1*) в потомствах от скрещиваний стерильной линии ВИР 116А (ЦМС РЕТ1) с линией ВИР195 – восстановителем фертильности пыльцы из генетической коллекции подсолнечника ВИР. Гибриды были выращены на полях научно-производственной базы «Пушкинские и Павловские лаборатории ВИР» (Санкт-Петербург, Пушкин): F₁ – в 2013 г., популяции F₂ – в 2020 и 2023 г., популяция F₃ – в 2023 г.

Соотношение числа фертильных (продуцирующих пыльцу) и стерильных (не образующих пыльцу) растений в каждой из трех проанализированных семей F₂ и в семье F₃ гибридов (ВИР 116А × ВИР 195) оказалось близким к менделевскому расщеплению 3 : 1, ожидаемому при моногенном контроле признака.

Известно, что гибриды F₁ от скрещивания ЦМС-линии подсолнечника, обладающей цитоплазмой РЕТ1, с отцовской фертильной линией продуцируют пыльцу (т. е. восстанавливают мужскую фертильность) при условии, если они получили от пыльцевого родителя доминантный аллель гена *Rf1*. Линия ВИР 116А является носителем рецессивного аллеля *rf1*, а в генотипе линии ВИР 195 присутствует доминантный аллель *Rf1*, что ранее было подтверждено с помощью диагностических молекулярных маркеров. Расщепление на фертильные и стерильные растения по фенотипу (признак фертильность/стерильность) в семье F₃ можно объяснить тем, что растение F₂, от самоопыления которого она получена, было гетерозиготным по аллелям локуса *Rf1*.

Результаты цитологического анализа убедительно продемонстрировали, что среди гибридных растений F₂ и F₃, отнесенных к фертильному фенотипу, признаки качества пыльцы – степень дефектности пыльцы (СДП) и диаметр пыльцевых зерен – могут иметь значительную гетерогенность с тенденцией к выравниванию по этому показателю в поколении F₃. Диапазон изменчивости по СДП был от 1 % до 92 % и укладывался в три группы: с СДП менее 25 %, с СДП от 25 % до 50 %, с СДП более 50 %.

К первой группе отнесли растения с пыльцой хорошего качества и нормальным распределением с хорошо выраженным одним пиком на графике вариационного ряда по диаметру пыльцы. Ко второй – растения со средним показателем СДП в 25–50 % и заметным отклонением от нормального распределения, которое проявлялось в виде дополнительных пиков или плато в левой части, свидетельствующих об увеличенном количестве стерильных или дефектных пыльцевых зерен. График вариационного ряда растений третьей группы заметно отличается от нормального, и, при значительном количестве дефектной пыльцы, появляются выступы с обеих сторон от центрального пика, что связано с наличием гигантских пыльцевых зерен (макро-пыльцы) и совсем мелких

пыльцевых зерен (микро-пыльцы) соответственно.

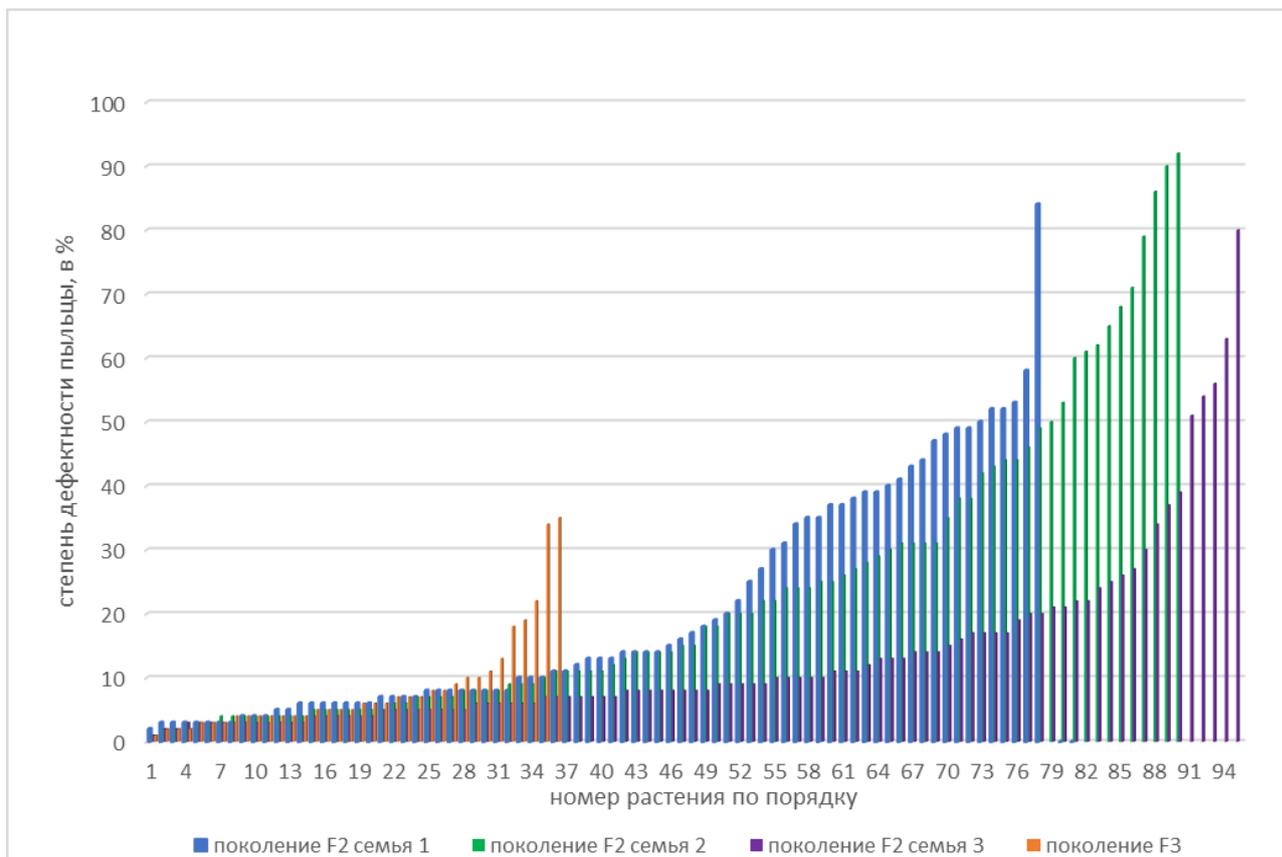


Рисунок. Распределение растений с разной СДП среди трех семей F₂ и одной семьи F₃ гибридов ВІР 116 × ВІР 195, 2023 г.

Были выявлены различия по распределению растений с разным уровнем СДП между растениями из семей 1 и 2, и семьи 3 поколения F₂. В данном случае, поскольку эти популяции выращивались в разные годы (2020 и 2023), нельзя сбрасывать со счетов и возможность влияния погодных условий на качество пыльцы. Видно, что у исследуемых растений СДП в целом была выше в 2020 г., по сравнению с 2023 г. (рисунок). Возможно, что в 2020 г условия произрастания были менее благоприятными для подсолнечника, что и повлияло на качество пыльцы.

Обращает внимание, что в поколении F₃ не было обнаружено растений с высоким СДП, со средними СДП было мало, большинство растений (87,3 %) имели пыльцу хорошего качества, то есть произошло выравнивание по этому признаку по сравнению с поколением F₂.

Таким образом, растения, относящиеся к фенотипическому классу «фертильные», могут иметь разные показатели по качеству пыльцы, в том числе иметь высокий индекс СДП, что приводит к снижению завязываемости семян.

ГЕНЕТИЧЕСКОЕ РАЗНООБРАЗИЕ РЕПЫ, *BRASSICA RAPA* L. SUBSP. *RAPA* METZG., ПО БИОХИМИЧЕСКИМ ПРИЗНАКАМ КАЧЕСТВА КОРНЕПЛОДОВ

Д. Л. Корнюхин, А. М. Артемьева, А. Е. Соловьева

Федеральный исследовательский центр Всероссийский институт генетических ресурсов растений имени Н.И. Вавилова (ВИР), Санкт-Петербург, Россия, d.kornjuhin@vir.nw.ru

GENETIC DIVERSITY OF TURNIP, *BRASSICA RAPA* L. SUBSP. *RAPA* METZG., IN BIOCHEMICAL INDICATORS OF ROOT QUALITY

D. L. Kornyuukhin, A. M. Artemyeva, A. E. Solovyeva

N.I. Vavilov All-Russian Institute of Plant Genetic Resources (VIR), St. Petersburg, Russia, d.kornjuhin@vir.nw.ru

Коллекция корнеплодных капустных культур (семейство Brassicaceae Burnett) ВИР состоит из видов рода *Brassica* L. (репа и брюква) и рода *Raphanus* L. (редька и редис).

Репа корнеплодная *Brassica rapa* L. subsp. *rapa* Metzg. – старейшая овощная культура России. Сорты репы скороспелые, продуктивные, отличаются наличием ценных биохимических соединений, холодостойкие, относительно просты в выращивании. Несмотря на имеющееся количество столовых и кормовых сортов репы корнеплодной в Государственном реестре селекционных достижений РФ сорта с улучшенными характеристиками (скороспелость, высокое содержание сухого вещества, сахаров, каротиноидов, et cetera), а также F1 гибриды этой культуры в России не представлены. Решение этих вопросов начинается с изучения, результатом которого является выявление источников хозяйственно ценных признаков, создания доноров и использование их в селекции.

Корнеплодная репа в коллекции ВИР представлена 698 образцами из 34 стран мира. В ее составе есть образцы – представители всех 42 групп сортов (сортотипов), согласно наиболее подробной на сегодняшний момент классификации М. А. Шебалиной (1985).

Качество корнеплодов, их польза для питания человека и кормления сельскохозяйственных животных во многом определяются биохимическим составом. Известно, что корнеплоды репы содержат широкий спектр биохимических компонентов, определяющих диетические и лечебные свойства этой культуры. Неоднократно проводились исследования по определению содержания в разных сортах репы углеводов, белков, витаминов, обращалось внимание на содержание кормовых единиц в корнеплодах турнепса. Корнеплоды репы являются ценным источником моно- и дисахаридов, органических кислот, пищевых волокон. Острый вкус некоторых сортов вызван наличием в корнеплодах глюкозинолатов, которые могут обладать антиканцерогенными свойствами. В репе содержится достаточно много витамина С (аскорбиновой кислоты), что делает желаемым употребление корнеплодов в пищу в зимне-весенний период. Вместе с тем, крупномасштабное исследование представительного набора сортов, отражающего мировое разнообразие культуры, еще не проводилось.

Целью данной работы является оценка генофонда репы по биохимическим признакам качества корнеплодов. Методы классического биохимического исследования, дополненные газовой хромато-масс-спектрометрией (ГХ-МС), дали возможность определить более 60 показателей биохимического состава корнеплодов и выявить генетическое разнообразие культуры по признакам качества.

В результате изучения 120 образцов, относящихся к 30 сортотипам репы корнеплодной, определен набор содержащихся в корнеплодах биохимических веществ, включающих сахара, пигменты, витамины, многоатомные спирты, фенольные соединения, органические кислоты, определяющий диетическую ценность культуры. По каждому из

компонентов (группе компонентов) определен размах признака, выявлены контрастные формы с минимальным и максимальным содержанием компонента. Выявлены образцы коллекции ВИР, сочетающие в себе высокое содержание нескольких биохимических веществ, обладающих урожайностью, лежкостью, привлекательным внешним видом.

**ОТБОР ИЗ ПРИРОДНЫХ ПОПУЛЯЦИЙ О. САХАЛИН ЛИАН ВИНОГРАДА
КУАНЬЕ (*VITIS COIGNITIAE* PULLIAT EX PLANCH.) С ЦЕННЫМИ
ПОМОЛОГИЧЕСКИМИ ПРИЗНАКАМИ**

Д. В. Лебедев¹, В. Н. Сорокопудов²

¹ Ботанический сад-институт Дальневосточного отделения Российской академии наук (БСИ ДВО РАН), Сахалинский филиал БСИ ДВО РАН, Южно-Сахалинск, Россия, dimitriileb@yandex.ru

² Всероссийский научно-исследовательский институт лекарственных и ароматических растений (ВИЛАР), Москва, Россия, sorokopud@mail.ru

**SELECTING VINES OF QUANIER GRAPE (*VITIS COIGNITIAE* PULLIAT EX
PLANCH.) WITH VALUABLE POMOLOGICAL TRAITS FROM NATURAL
POPULATIONS ON SAKHALIN**

D. V. Lebedev¹, V. N. Sorokopudov²

¹ Botanical Garden-Institute of the Far Eastern Branch of the Russian Academy of Sciences (BGI FEB RAS), Sakhalin Branch of the BGI FEB RAS, Yuzhno-Sakhalinsk, Russia, dimitriileb@yandex.ru

² All-Russian Scientific Research Institute of Medicinal and Aromatic Plants (VILAR), Moscow, Russia, sorokopud@mail.ru

В Тихоокеанском регионе РФ известно только два вида винограда из семейства Виноградовые (Vitaceae Juss.), род Виноград *Vitis* L. со съедобными плодами (Воробьев, 1968): виноград амурский (*V. amurensis* Rupr.) и виноград Куанье (Кемпфера) (*V. coignetiae* Pulliat ex Planch.). Изучением амурского винограда (*V. amurensis*) ученые занимаются более ста лет: исследована его биология, отработана технология возделывания в культуре отборных форм, выведены сорта, получены межвидовые гибриды с его участием. Напротив, о винограде Куанье (*V. coignetiae*) известно очень мало. А между тем он обладает очень ценными признаками, необходимыми в северном виноградарстве. Так, дневная температура воздуха во время цветения *V. coignetiae* на о. Сахалин и островах Южной Курильской гряды не поднимается в июле выше +14 °С при влажности 85 % (Росгидромет Meteo Gu. ru), что для других видов катастрофично. Общая сумма активных температур в местах расположения природных популяций винограда Куанье, обычно не превышает 1800 градусов. При том что в зимнее время виноградная лоза (*V. coignetiae*) выдерживает понижение температуры до –35 °С (наблюдения СФ БСИ ДВО РАН), возможно и ниже (не установлено), без повреждений генеративных почек. Продвижение на север и северо-восток России промышленных виноградников невозможно без использования потенциала устойчивости дикорастущих видов винограда дальневосточной флоры. Сотрудниками СФ БСИ ДВО РАН, летом-осенью 2022 года (июль, октябрь) и летом-осенью 2023 года (июль, октябрь) обследованы природные популяции *V. coignetiae*, расположенные на восточном побережье района п. Охотское и западном побережье о. Сахалин, окрестности г. Невельск и г. Холмска. Из природных популяций *V. coignetiae* было отобрано несколько лиан с ценными помологическими признаками. Продуктивность побегов определялась по методике А. М. Амирджанова, оценку продуктивности кустов проводили по методике М. А. Лазаревского, вкусовые показатели ягод определялись органолептически на первом этапе, а интересные образцы анализировали позднее в Испытательной лаборатории сахалинского филиала ФГБУ «Приморская МВЛ». Из окрестностей п. Охотское были отобраны лианы: О 1 и О 2, из окрестностей г. Невельска – лианы: Н 1 (с функционально мужскими цветками), Н 2, Н 3, Н 4, из окрестностей г. Холмска – Х 1, Х 2, Х 3, Х 4, Х 5.



ПРИМЕНЕНИЕ ДНК-МАРКЕРОВ ДЛЯ ИССЛЕДОВАНИЯ ГЕНОТИПОВ РЫЖИКА ПОСЕВНОГО

Е. Д. Логинова, С. А. Рамазанова, С. З. Гучетль

Федеральный научный центр «Всероссийский научно-исследовательский институт масличных культур имени В.С. Пустовойта», Краснодар, Россия, asdfghjklis@mail.ru,

APPLICATION OF DNA MARKERS TO STUDY GENOTYPES OF *CAMELINA SATIVA*

E. D. Loginova, S. A. Ramazanova, S. Z. Guchetl

V.S. Pustovoit All-Russian Research Institute of Oil Crops, Krasnodar, Russia, asdfghjklis@mail.ru, ramazanov1969@mail.ru

Рыжик (*Camelina sativa*) представляет собой двудольное масличное растение, принадлежащее семейству Brassicaceae. Рыжик устойчив к холоду и засухе, обладает низкой требовательностью к удобрениям. Это в сочетании с относительно низкими требуемыми затратами на его выращивание делает его идеальной культурой для использования на менее продуктивных землях и в районах без достаточного количества осадков для выращивания других культур. Эта культура более устойчива к распространенным вредителям и патогенам, по сравнению с другими культурами того же семейства. В семенах *C. sativa* содержится около 40 % масла в сухом веществе, 24–31 % белка, токоферолы, фитостерины, витамины и фенольные соединения. Уникальный биохимический состав масла семян определяет высокий потенциал рыжика для использования в пищевых и кормовых целях.

В соответствии с последними изменениями в ФЗ о семеноводстве РФ сорта сельскохозяйственных культур должны иметь генетический паспорт. Этот паспорт будет содержать ДНК-маркеры, которые помогут идентифицировать сорта и гибриды растений. На данный момент не существует единой методики для идентификации генотипов рыжика посевного. Поэтому важно разработать систему ДНК-маркеров, которая позволит выявлять различия между разными сортами этой культуры. Это может быть полезно для защиты авторских прав, контроля подлинности сортов и определения генетической однородности селекционного материала. Наиболее удобными и часто используемыми маркерами для генотипирования являются микросателлитные локусы, или SSR (Simple Sequence Repeats). Для оценки генетического разнообразия сортов рыжика посевного А. Манка и его коллеги разработали 16 микросателлитных маркеров. Они идентифицировали 40 образцов *C. sativa* разного происхождения. Однако разработанные и использованные этими авторами маркеры состоят из динуклеотидных повторов. При амплификации с праймерами, фланкирующими данные локусы, могут возникнуть ошибки считывания матричной ДНК ДНК-полимеразой, что приведет к неправильной интерпретации результатов.

Целью нашей работы было проверить пригодность существующих микросателлитных маркеров для идентификации рыжика посевного, а также разработать собственные праймеры, фланкирующие микросателлитные локусы, состоящие из тринуклеотидных повторов, апробировать их на сортообразцах рыжика и выявить наиболее перспективные для генотипирования культуры.

Разработанные нами экспериментальные пары праймеров были апробированы на 7 сортообразцах рыжика коллекции ВНИИМК: ВНИИМК-РО-2, ВНИИМК-РО-4, ВНИИМК-РЯ-1008, ВНИИМК-РЯ-1017, РО 01-15, РО 08-13, ВНИИМК-РЯ-1022. Для этого с каждой парой праймеров проводили ПЦР. Объем реакционной смеси содержал: 10х ПЦР-буфер, dNTP – 2,5 мМ, MgCl₂ – 25 мМ; ДНК-полимераза – 1 е. а.; концентрация прямого (F) и обратного (R) праймеров – 10 пкМ/мкл; ДНК – 100 нг. Амплификацию проводили со следующими температурно-временными режимами ПЦР: начальная денатурация – 94 °С –

3 мин, затем 35 циклов: денатурация 94 °С – 25 с, отжиг при 60 °С – 25 с, элонгация при 72 °С – 40 с, финальная элонгация – 3 мин. Детекция продуктов ПЦР осуществлялась методом капиллярного электрофореза на генетическом анализаторе Нанофор 05 (Синтол, Россия). Прямые праймеры (F) были модифицированы одной из четырех флуоресцентных меток (FAM, R6G, TAMRA, ROX).

В целях генотипирования и паспортизации рыжика посевного были изучены 16 известных SSR-маркеров, находящихся в открытом доступе. Из-за гексаплоидности генома рыжика многие пары праймеров гибридизуются более чем на одном субгеноме. Помимо этого, микросателлиты, состоящие из динуклеотидных повторов, часто подвержены ошибкам амплификации из-за большей вероятности «проскальзывания» ДНК-полимеразы («stuttering» DNA polymerase). Поэтому нами были разработаны пары праймеров на микросателлитные локусы с тринуклеотидными повторами. В результате проведенного исследования были найдены подходящие микросателлитные локусы и сконструировано 130 экспериментальных пар праймеров. Следующим этапом работы было оценить пригодность разработанных праймеров для генотипирования рыжика на практике. С каждой парой праймеров была проведена ПЦР на 7 разных генотипах рыжика посевного. Около половины всех микросателлитных маркеров оказались мономорфными в изученной группе генотипов. Это частично может быть связано с малой выборкой и близким происхождением генотипов. Подавляющее большинство праймеров на практике оказались специфичны к целевому локусу, что свидетельствует о тщательном подборе уникальных фланкирующих последовательностей, и только малая часть продемонстрировала неспецифичную амплификацию (рис. 1). Небольшое число праймеров полностью или частично не гибридизовались с ДНК-матрицей (рис. 2). Также были выделены маркеры, выявившие уникальность SSR-локуса в геноме и полиморфизм (рис. 3). Последние SSR-маркеры были отобраны для дальнейших исследований по генотипированию и паспортизации сортов и селекционных образцов рыжика посевного на большей выборке генотипов.

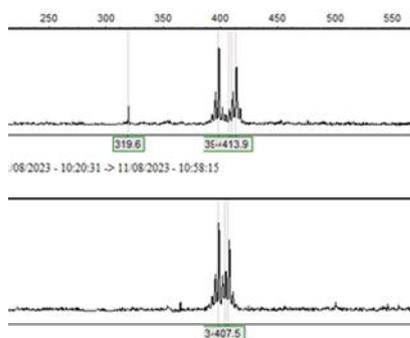


Рис. 1. Электрофореграмма ПЦР-продуктов с праймером, неспецифичным к целевому локусу

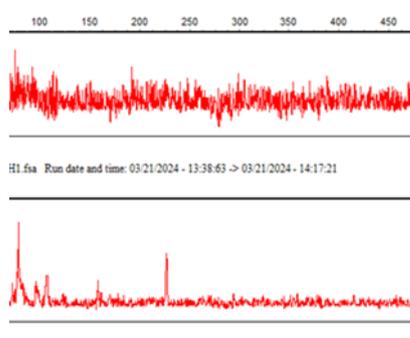


Рис. 2. Электрофореграмма ПЦР-продуктов с праймером, у которого нет гибридизации с ДНК-матрицей

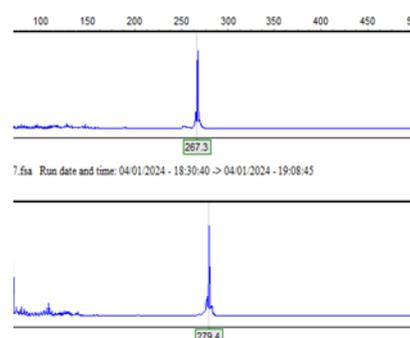


Рис. 3. Электрофореграмма ПЦР-продуктов с праймером, специфичным к целевому локусу

Исследование выполнено при финансовой поддержке Кубанского научного фонда в рамках научного проекта № Н-24.1/10.

ПОЛИМОРФИЗМ ГЕНА УСТОЙЧИВОСТИ К ФИТОФТОРОЗУ *Ph-3* У ДИКИХ И КУЛЬТУРНЫХ ФОРМ ТОМАТА ИЗ КОЛЛЕКЦИИ ВИР

В. В. Мартынов¹, Е. А. Соколова¹, М. А. Кузнецова², А. М. Артемьева³, Д. А. Фатеев³

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

² Всероссийский научно-исследовательский институт фитопатологии, Московская область, Россия

³ Федеральный исследовательский центр Всероссийский институт генетических ресурсов растений имени Н.И. Вавилова (ВИР), Санкт-Петербург, Россия

POLYMORPHISM OF THE TOMATO LATE BLIGHT RESISTANCE GENE *Ph-3* IN WILD AND CULTIVATED TOMATOES FROM THE VIR COLLECTION

V. V. Martynov¹, E. A. Sokolova¹, M. A. Kuznetsova², A. M. Artemyeva³, D. A. Fateev³

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

² All-Russian Research Institute of Phytopathology, Moscow Province, Russia

³ N.I. Vavilov All-Russian Institute of Plant Genetic Resources (VIR), St. Petersburg, Russia

В настоящее время коллекция томата ВИР насчитывает 7873 образца, которая включает в себя более 200 образцов 12 дикорастущих видов томата. В ряде исследований, изучающих филогенетические связи семейства Solanaceae Juss., род *Lycopersicon* Mill. был включен в род *Solanum* L. и признан парафилетической группой. Новая классификация томатов в роде *Solanum* секции *Lycopersicon* включает 1 культурный и 12 диких видов.

Ген *Ph-3*, впервые обнаруженный в образце L3708 дикого вида *S. pimpinellifolium*, считается наиболее сильным геном устойчивости к фитофторозу томата – заболеванию, которое при отсутствии должных мер борьбы способно уничтожить до 100 % урожая. Этот ген придает устойчивость к нескольким расам возбудителя фитофтороза оомицета *Phytophthora infestans* (Mont.) de Bary. Впоследствии ген *Ph-3* был интродуцирован в сорта культурного томата с целью придания им фитофтороустойчивости. Однако из-за высокой генетической изменчивости и сложного расового состава *P. infestans* необходимы постоянные усилия по выведению новых сортов томата в рамках опережающей селекции на устойчивость к фитофторозу. При создании новых сортов ценными донорами полезных признаков, в том числе и устойчивости к фитофторозу, являются дикие виды томата. Поэтому у этих видов целесообразно изучать структурный и функциональный полиморфизм известных генов устойчивости, чтобы оценить возможный потенциал и перспективы использования данных видов в селекционном процессе.

Таким образом, целью настоящей работы было изучение полиморфизма гена *Ph-3* у представителей разных видов томата, находящихся в коллекции ВИР. Рабочая коллекция состояла из 18 образцов и была представлена следующими видами: *S. chmielewskii*, *S. hirsutum*, *S. lycopersicum*, *S. pennellii*, *S. peruvianum* и *S. pimpinellifolium*. У этих образцов мы выявили полиморфизм и видовые особенности первичной структуры гена *Ph-3* и провели оценку экспрессии этого гена. Кроме того, мы провели оценку лабораторной и полевой устойчивости изучаемых образцов к фитофторозу. В результате впервые были получены данные о структурно-функциональном полиморфизме гена *Ph-3* у широкого круга видов *Solanum*, которые проливают свет на существующее разнообразие аллелей и гомологов этого гена и могут в дальнейшем быть использованы при принятии решений о вовлечении представителей диких видов томата в селекционный процесс при создании сортов томата с повышенной устойчивостью к фитофторозу.

Работа выполнена в рамках Государственного задания FGUM-2022-0004.

ГЕНЕТИЧЕСКАЯ ИДЕНТИФИКАЦИЯ ЧЕРНОЙ СМОРОДИНЫ (*RIBES NIGRUM* L.) С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ МИКРОСАТЕЛЛИТНЫХ МАРКЕРОВ

М. В. Модоров, О. А. Киселева, М. А. Полежаева, Е. М. Чеботок

Уральский федеральный аграрный научно-исследовательский центр Уральского отделения Российской академии наук, Екатеринбург, Россия, mmodorov@gmail.com

GENETIC IDENTIFICATION OF BLACK CURRANT (*RIBES NIGRUM* L.) USING MICROSATELLITE MARKERS

M. V. Modorov, O. A. Kiseleva, M. A. Polezhaeva, E. M. Chebotok

Ural Federal Agrarian Research Center of the Ural Branch of the Russian Academy of Sciences, Yekaterinburg, Russia, mmodorov@gmail.com

Определение сортовой принадлежности сельскохозяйственных культур важно для поддержки сортовой чистоты, идентификации образцов гибридного фонда и защиты прав оригинатора. Использование молекулярно-генетических методов может способствовать идентификации сортов смородины черной. Для генетической идентификации сельскохозяйственных видов растений в соответствии с Законом «О семеноводстве» РФ (№ 454-ФЗ) ведется поиск оптимальных методических решений.

Для сортовой идентификации смородины черной (*Ribes nigrum* L.) предложены генетические маркеры (Brennan et al., 2002, 2008). Однако технология мультиплексного анализа этих маркеров «в одной пробирке» до настоящего времени не разработана. Актуальность данной технологии определяется востребованностью культуры (листьев, почек, ягод) в пищевой и перерабатывающей промышленности (Petrova, Kuznetsova, 2014), а также наличием большого числа сортов, используемых для промышленного и любительского садоводства (Knyazev, Ogor'cova, 2004). Целью данной работы является совершенствование технологии генетической идентификации смородины черной, а именно: создание «мультиплексной полимеразной цепной реакции (ПЦР) в одной пробирке», включающей несколько микросателлитных локусов, расположенных в различных группах сцепления.

Данные о микросателлитных локусах и их позициях в геноме использовали из работ шотландских ученых (Brennan et al., 2002, 2008; Russell et al., 2014). О размерах и числе фрагментов различных локусов судили на основании ранее опубликованных данных (Cavanna et al., 2009; Antonius et al., 2012; Palmieri et al., 2013; Pikunova et al., 2015; Mezhnina, Urbanovich, 2017; Dolzhikova et al., 2020). По результатам обзора литературы выбрано 8 локусов, расположенных в различных группах сцепления, которые могли быть включены в мультиплексную ПЦР в одной пробирке, так как фрагменты локусов имели отличия по длинам при использовании FAM, R6G, TAMRA, ROX модификаций праймеров. В работах Brennan et al. (2008) и Russell et al. (2014) выбранные локусы обозначены: *g1-K04*, *g2-J08*, *e4-D03*, *g2-L17*, *e3-B02*, *g1-A01*, *e1-O01* и *g2-G12*.

Отработку технологии проводили с использованием генетического материала восьми сортов смородины черной: Поклон Борисовой, Козацька, Баритон, Подарок Ильиной, Казкова, Дабрадзья, Церера, Ven Sarek. Выбранные сорта различаются по происхождению и входят в Государственные реестры селекционных достижений разных стран: Россия, Украина, Беларусь, Великобритания. По результатам подбора концентраций реагентов, температур и времени термоциклирования, а также модификаций удалось найти условия реакции, при которых фореграммы, полученные на приборе Нанофор-05, могли быть расшифрованы (рисунок). К особенностям предложенного протокола можно отнести относительно высокую температуру отжига праймеров (59 °C), при которой количество «неспецифичных» фрагментов не должно быть большим.

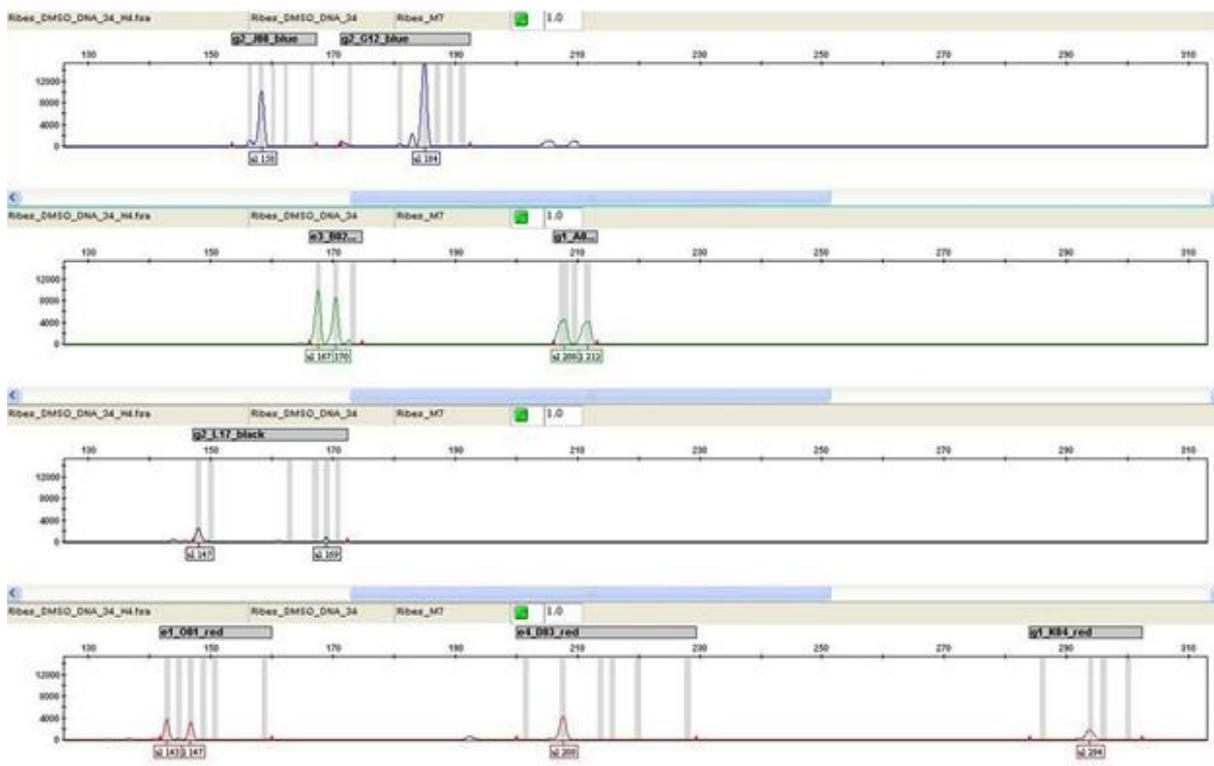


Рисунок. Результат электрофоретического разделения ПЦР-продукта мультиплексной реакции сортообразца Ben Sarek

При расшифровке фореграмм интерпретация локусов *g1-K04*, *g2-J08*, *e4-D03*, *g1-A01* и *g2-G12* не вызывала сложностей. В локус *e1-O01* у сортообразцов Дабрадзья и Церера отмечен невысокий неспецифичный пик, совпадающий по длине с аллелем 143. Локус *e3-B02* имеет небольшой неспецифичный пик размером 172 пн. Семь из восьми проанализированных сортов имеют гетерозиготный генотип 167/170. По мнению Savanna et al. (2009) в локусе *e3-B02* может быть амплифицировано более двух аллелей у одного индивида. Что подтверждено нами для сорта Церера – высота более короткого пика 167 заметно ниже, чем пика 170 пн. Особенностью локуса *g2-L17* является различие высот пиков коротких и длинных фрагментов, в результате которого может иметь место «отсев» длинных аллелей и возникать трудности с расшифровкой гетерозигот длинных фрагментов, в случае различия аллелей на один мотив. Относительно других локусов *g2-L17* имеет много гомозигот. По нашему мнению, это указывает на то, что часть «длинных» аллелей не учтена при расшифровке.

По результатам проведенных исследований установлено, что локусы *g1-K04*, *g2-J08*, *e4-D03*, *g2-L17*, *e3-B02*, *g1-A01*, *e1-O01* и *g2-G12* *R. nigrum*, расположенные в различных группах сцепления могут быть амплифицированы «в одной пробирке» при относительно высокой температуре отжига праймеров (59 °C). В каждом локусе выявлено от трех до шести аллелей. Анализ восьми сортообразцов черной смородины различного генетического происхождения российской и иностранной селекции позволил дать однозначную идентификацию генотипов по семи локусам. Сложным в интерпретации данных является локус *g2-L17*, для которого можно предполагать «выпадение» аллелей, имеющих относительно большой размер фрагментов. Предложенную нами технологию можно считать эффективным решением для проведения генетической идентификации культурных форм *R. nigrum*. Интерес представляет масштабирование предложенной методики и оценка идентифицирующей способности метода для разделения сортов на основе разнообразия SSR-маркеров.

Работа выполнена за счет средств государственного задания FNUW-2024-0007.

ЗАВИСИМОСТЬ ХОЗЯЙСТВЕННО ЦЕННЫХ ПРИЗНАКОВ ЛЬНА-ДОЛГУНЦА ОТ ПОГОДНЫХ УСЛОВИЙ ПО РЕЗУЛЬТАТАМ 30-ЛЕТНЕГО ИЗУЧЕНИЯ НА ПОЛЯХ НПБ «ПУШКИНСКИЕ И ПАВЛОВСКИЕ ЛАБОРАТОРИИ ВИР»

А. В. Павлов, Е. А. Пороховинова, Н. Б. Брач

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

DEPENDENCE OF AGRONOMIC CHARACTERS IN FLAX ON WEATHER CONDITIONS ACCORDING TO THE RESULTS OF A 30-YEAR STUDY IN THE FIELDS OF PUSHKIN AND PAVLOVSK LABORATORIES OF VIR

A. V. Pavlov, E. A. Porokhovinova, N. B. Brutch

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

Для получения стабильных высоких урожаев необходимо выявление закономерностей влияния погоды на развитие растений и проявление хозяйственно ценных признаков. С 1987 по 2018 год в НПБ «Пушкинские и Павловские лаборатории ВИР» (г. Санкт-Петербург) выращивались два сорта льна-долгунца – ‘Светоч’ (к-5333, Россия, ВНИИЛ) и ‘Призыв 81’ (к-7472, Беларусь, Могилевская оп. ст.). Анализировали такие условия года, как суммы активных температур и суммы осадков за каждую декаду с мая по август, за каждый месяц и весь полевой сезон, а также суммы эффективных температур и гидротермический коэффициент по Селянинову (ГТК) за каждый месяц с мая по август и за полевой сезон. Также, исходя из прохождения сортами фаз развития («посев – всходы», «всходы – цветение», «цветение – созревание», «всходы – созревание», «посев – созревание»), для каждой из них анализировали сумму активных температур, количество осадков и ГТК. Сорта, которые ежегодно высевали в нескольких повторностях изучали по 23 признакам: даты посева, всходов, цветения, созревания; продолжительность межфазных периодов «посев – всходы», «всходы – цветение», «цветение – созревание», «всходы – созревание», «посев – созревание»; высота и техническая длина, показатели урожайности соломы, длинного и всего волокна, по выходу длинного и всего волокна, урожайности семян и массу 1000 семян; показатели качества волокна – разрывную нагрузку, гибкость, тонины, номер и относительную разрывную нагрузку (ОРН) волокна.

Влияние условий года на хозяйственно ценные признаки льна анализировали с помощью дисперсионного и корреляционного анализов. Было показано значительное влияние условий года ($\eta^2 > 92\%$) на признаки высоты, все показатели качества волокна, длительности периода «посев – всходы», суммы температур и суммы осадков за этот период, а также гидротермические коэффициенты всех фенофаз. Так как сорта различаются по группе спелости, показано достоверное влияние генотипа на фенологические ($\eta^2 = 4\text{--}7\%$) и связанные с ними признаки сумм активных температур ($\eta^2 = 6\text{--}18\%$), количество осадков ($\sim 1\%$), а также признаки урожайности как волокна, так и семян ($\eta^2 = 4\text{--}13\%$). Высоко консервативный признак – масса 1000 семян больше зависит от генотипа ($\eta^2 = 51\%$), чем от условий года изучения ($\eta^2 = 42\%$). Дисперсионный анализ по нескольким повторностям каждого сорта за 30 лет позволил конкретизировать влияние генотипа и года исследования на признаки качества волокна, массу 1000 семян, фенофазы, суммы температур, осадков и ГТК за периоды вегетации. Корреляционный анализ выявил 3 взаимосвязанные плеяды: (1) плеяду урожайности, (2) плеяду качества волокна и урожайности, (3) плеяду продолжительности фаз вегетационного периода, суммы активных температур и осадков в каждый период. Показано, что начиная с июня высокие температуры ускоряют развитие растений на всех стадиях. Продление периода от всходов до цветения повышает урожайность волокна, а для повышения его качества

предпочтительнее быстрое созревание в жаркую погоду после цветения. Такие данные позволяют прогнозировать урожайность и качество продукции.

Анализ погодных условий позволяет сравнить результаты, полученные в разные годы. Нами впервые проведено ранжирование и группировка сезонов изучения и оценено влияние их характеристик на хозяйственно ценные признаки. Предложенный метод классификации метеоусловий, основанный на последовательном использовании факторного и кластерного анализов, может быть использован в других генных банках для систематизации и анализа результатов полевых исследований сельскохозяйственных культур. Для оценки погодных условий сначала был проведен факторный анализ, который выделил 5 факторов, классифицирующий все 30 лет изучения, однако некоторые года достоверно определялись несколькими факторами. Поэтому на основе факторных нагрузок каждого из 30 лет изучения был проведен кластерный анализ (метод К-средних, эвклидово расстояние), который показал, что минимальное число кластеров, объединяющее все 5 факторов и 30 лет изучения – 7.

Первый кластер – 2010 и 2014 г. с жарой в мае, июле, августе, холодом в июне и дождями в мае. Второй кластер самый крупный – 1987, 1991, 1994, 1998, 2001, 2004, 2005, 2012 г., с холодными маем и августом, дождями в мае, июне, июле, августе и в полевой сезон в целом. Третий кластер – 1995, 1996, 2007, 2015 г. с жарой в мае и августе, холодом в июле, дождями в мае, засухой в июне, июле, августе и в полевой сезон в целом. Четвертый кластер – 1990, 1992, 1997, 2000, 2002, 2006, 2018 г. с засухой в мае, июне, июле и августе, т. е. во весь полевой сезон в целом. Пятый кластер – 2008, 2009, 2017 г. с холодными июнем, июлем и всем полевым сезоном, имевшими засуху в мае, дожди в июне, июле, августе и в полевой сезон в целом. Шестой кластер – 1988, 1999, 2011 г. с холодными маем и августом, жарой в июне, июле и в полевой сезон, засухой в мае. Седьмой кластер – 1989, 2013, 2016 г. с жаркими маем, июнем и августом, дождями в июне, июле, августе и в полевой сезон в целом.

Погодные условия годов первого кластера обусловили очень ранний (на 12 дней) посев, который привел к более раннему прохождению фаз всходов, цветения и созревания и положительно сказался на номере волокна (22 ± 1 по сравнению с 18 ± 0). Погодные условия годов второго кластера обеспечили увеличение высоты растений как общей (104 ± 2 см против 96 ± 1 см), так и технической (89 ± 2 см против 82 ± 1 см), но отрицательно сказались на номере волокна (17 ± 0 по сравнению с 19 ± 0), а третьего кластера не оказали значимого влияния на хозяйственно ценные признаки льна. Засуха четвертого кластера негативно сказалась только на технической длине (78 ± 2 см по сравнению с 84 ± 1 см). Погодные условия пятого кластера удлинилихождение всех фаз развития льна, что увеличило высоту – общую (104 ± 2 см против 96 ± 1 см) и техническую (89 ± 2 см против 82 ± 1 см) и урожайность семян (178 ± 15 г против 109 ± 5 г), однако крайне негативно сказались на качестве волокна – гибкости (47 ± 4 мм против 59 ± 1 мм), тонине (249 ± 12 км/г против 357 ± 12 км/г) и ОРН (15 ± 0 против 17 ± 0). Погодные условия шестого кластера привели к ускорению всех периодов развития льна на неделю и более: «всходы – цветения» 34 ± 1 сут. вместо 42 ± 1 сут.; «цветение – созревание» 26 ± 1 сут. вместо 35 ± 1 сут.; вегетационный период 60 ± 1 сут. вместо 76 ± 1 сут. и к уборке в среднем на 11 дней раньше, что крайне положительно сказалось на тонине волокна (419 ± 41 км/г по сравнению с 338 ± 11 км/г), однако снизило номер волокна (16 ± 0 против 19 ± 0). Погодные условия седьмого кластера привели к укорочению периода «всходы – цветение» (36 ± 1 сут. вместо 41 ± 1 сут.), что отрицательно сказалось на выходе длинного волокна (14 ± 1 % вместо 18 ± 1 %), которое, однако, имело больший номер (22 ± 1 вместо 18 ± 0).

Большое влияние погодных условий на хозяйственно ценные признаки указывает на необходимость поиска генотипов со стабильным проявлением признаков для получения новых сортов, которые будут давать стабильный урожай и волокно хорошего качества. Выявлению исходного материала поможет разработанный нами метод.

Работа выполнена в рамках Государственного задания согласно тематическому плану ВИР по проекту № FGEM-2022-0005 «Растительные ресурсы масличных и прядильных культур ВИР как основа теоретических исследований и их практического использования».

РЕЗУЛЬТАТЫ РАБОТЫ ПО ЛЬНУ-ДОЛГУНЦУ ТОМСКОЙ СЕЛЕКЦИИ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ГЕНЕТИЧЕСКОЙ КОЛЛЕКЦИИ ВИР

Г. А. Попова¹, А. А. Шулейко², Н. Б. Рогальская¹, В. М. Трофимова¹

¹ Сибирский федеральный научный центр агробιοтехнологий Российской академии наук (СФНЦА РАН), Сибирский научно-исследовательский институт сельского хозяйства и торфа – филиал СФНЦА РАН, Богашевский отдел селекции и семеноводства, Богашево, Россия, popovag61@gmail.com

² Сибирский федеральный научный центр агробιοтехнологий Российской академии наук (СФНЦА РАН), Сибирский научно-исследовательский институт сельского хозяйства и торфа – филиал СФНЦА РАН, Томск, Россия

THE RESULTS OF THE WORK ON FIBER FLAX FROM TOMSK USING THE GENETIC COLLECTION HELD BY VIR

G. A. Popova¹, A. A. Shuleyko², N. B. Rogalskaya¹, V. M. Trofimova¹

¹ Siberian Federal Scientific Center of Agro-BioTechnologies of the Russian Academy of Sciences (SFSCA RAS), Siberian Research Institute of Agriculture and Peat – branch of the SFSCA RAS, Bogashevo Department of Breeding and Seed Production, Bogashevo, Russia, popovag61@gmail.com

² Siberian Federal Scientific Center of Agro-BioTechnologies of the Russian Academy of Sciences (SFSCA RAS), Siberian Research Institute of Agriculture and Peat – branch of the SFSCA RAS, Tomsk, Russia

Лен-долгунец в России на протяжении длительного времени оставался ведущей прядильной культурой, приспособленной к возделыванию в условиях умеренного климата. Россия долгое время являлась мировым лидером по производству и экспорту натурального льняного волокна и тканей. Для обеспечения экономической и стратегической независимости страны важно сохранить свое отечественное целлюлозное волокнистое сырье, способное в значительной мере обеспечить импортозамещение хлопка. Современная селекция льна-долгунца по-прежнему направлена на повышение качества льняной продукции.

Основное направление в селекционной работе по льну – создание раннеспелых высокопродуктивных сортов, дающих высокие урожаи в изменчивых условиях произрастания. Современные подходы в переработке льняного волокна требуют продолжения работы по созданию нового сибирского генофонда с увеличением совмещенной продукции семян и волокна. Включение в селекцию внутривидового разнообразия льна целесообразно и перспективно, что позволяет выводить сорта, сочетающие в себе повышенное содержание волокна с высокой семенной продуктивностью и пригодных к новым технологиям переработки. При выведении мультилинейных сортов комбинируется большое число линий (12–16) с различными генами устойчивости в одну популяцию растений, которая используется как сорт. Новые сорта наряду с высоким генетическим потенциалом продуктивности должны обладать устойчивостью к неблагоприятным факторам внешней среды, иммунитетом и др. В экстремальных климатических условиях они способны формировать достаточно высокий и стабильный урожай за счет функционирования компенсаторных механизмов.

Длительное время в российской селекции льна-долгунца, в том числе при выведении первых томских сортов, в качестве исходного материала использовали местные кражевые льны. В начале XX века из местных сибирских льнов выделены высоковолокнистые линии, которые в дальнейшем послужили и продолжают оставаться генетическим материалом при создании новых сортов повышенной волокнистости. Во второй половине XX века вовлечение в селекционную работу набора коллекционных образцов и сортов льна ВИР

и Всероссийского научно-исследовательского института льна (ВНИИЛ) позволило расширить генетическое разнообразие и получить линейку раннеспелых сортов томской селекции. Полученные сорта унаследовали высокое содержание волокна и приобрели его повышенное качество (11–14 номер длинного волокна).

30 образцов льна различного эколого-географического происхождения из коллекции ВИР: Россия – 14; Китай – 6; Украина – 5; Франция – 4; Белоруссия – 1 изучены в период с 2015 по 2017 г. на опытном поле Сибирского научно-исследовательского института сельского хозяйства и торфа – филиала Сибирского научного центра агробиологии Российской академии наук (СибНИИСХиТ – филиал СФНЦА РАН), расположенном в подтаежной зоне Западной Сибири в условиях континентального климата. Многофакторным дисперсионным анализом установлено влияние генотипов и погодных условий на проявление хозяйственных признаков. Лучшие по хозяйственно полезным признакам образцы льна российские П-3989 (к-8672), Добрыня (к-8504), А-236 (к-8692); китайские – *Heiya 4* (к-8485), *Heiya 13* (к-8486), *Tuyu 13* (к-8687). Высоковолокнистые сорта французской селекции *Agatha* (к-8492), *Drakkar* (к-8493), *Alizee* (к-8494) и *Melina* (к-8495), украинской – Гладиатор (к-8505), Вручий (к-8694) были признаны перспективными и вовлечены в селекционный процесс в качестве отцовских родительских форм. Получено 20 гибридных комбинаций, гибридные семена вошли в питомник отбора. Переведено на второй год селекции 40 перспективных гибридов для последующей селекционной работы.

26 образцов льна различного эколого-географического происхождения из коллекции ВИР: Россия – 4, Казахстан – 3, Монголия – 2, Португалия – 2, Испания -1, Франция – 14, изучены в 2009–2011 гг. на полях института. Методом двухфакторного дисперсионного и корреляционного анализов исследовано влияние генотипов и погодных условий на проявление хозяйственных признаков, корреляции между ними. Лучшие по хозяйственно полезным признакам образцы льна к-1338 (Казахстан), к-1436 (Алтайская губерния), к-1439 (Казахстан), к-6085 (Португалия), к-7454 (Франция), к-7359 (Португалия), к-7460 (Франция), к-7470 (Франция), к-8289 (Франция) признаны перспективными и вовлечены в селекционный процесс в качестве отцовских родительских форм. Полученные 20 гибридных комбинаций из 440 растений включены в питомник отбора.

За восьмидесятилетний период сибирскими селекционерами создано 25 сортов льна-долгунца, 11 из них в настоящее время в Госреестре селекционных достижений Российской Федерации. Сорта районированы по Северо-Западному, Центральному, Волго-Вятскому и Западно-Сибирскому регионам, отдельные из них – во всех регионах возделывания льна-долгунца (например, Томич 3, что свидетельствует о его высоком адаптивном потенциале). В отдельные годы сортами томской селекции занято до 40 % посевных площадей льна-долгунца в Российской Федерации.

ИССЛЕДОВАНИЯ ГЕНЕТИЧЕСКОГО РАЗНООБРАЗИЯ КУЛЬТУРНЫХ РАСТЕНИЙ И ИХ ДИКИХ РОДИЧЕЙ

Е. Е. Радченко, И. Н. Анисимова

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

STUDIES ON THE GENETIC DIVERSITY OF CULTIVATED PLANTS AND THEIR WILD RELATIVES

E. E. Radchenko, I. N. Anisimova

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

Проводимые в отделе генетики ВИР исследования направлены на раскрытие генетического потенциала разнообразия генетических ресурсов культурных растений и их диких родичей по важнейшим биологическим и агрономическим признакам. Главный подход – сравнительно-генетический, в основе которого концепция Н. И. Вавилова о параллелизме наследственной изменчивости. В экспериментах используются методы фенотипического, гибридологического, популяционного, цитогенетического и молекулярно-генетического анализа. Основные направления работы отдела: разработка рациональных путей поиска селекционно ценных генотипов возделываемых растений; идентификация генов, детерминирующих онтогенез растений, устойчивость к биотическим и абиотическим стрессорам, а также признаки, определяющие качество; исследование механизмов интрогрессии при гибридизации видов культурных растений с их дикими родичами; установление генетических основ рекомбинационных процессов растений; изучение взаимодействия «растение – среда» растение – вредный организм»; создание новых селекционно ценных рекомбинантов и доноров с идентифицированным генетическим материалом.

Устойчивость к биотическим и абиотическим стрессорам, а также способность накапливать запасные вещества относятся к числу ключевых признаков культурных растений, играющих стратегическую роль в обеспечении продовольственной безопасности. Иммунологический скрининг генетических ресурсов растений, поиск генов, отвечающих за устойчивость растений к вредным организмам, – важное направление работы отдела генетики ВИР. Особенность генетического контроля устойчивости растений к болезням и вредителям – взаимодействие двух сопряженно эволюционирующих систем. Рациональная стратегия селекции сельскохозяйственных культур на устойчивость к вредным организмам должна предусматривать, прежде всего, расширение генетического разнообразия возделываемых сортов. В результате изучения сотрудниками отдела за последние пять лет 22 067 образцов коллекции ВИР выделено 496 источников устойчивости различных культур к опасным возбудителям болезней и вредителям; с помощью гибридологического и молекулярно-генетического анализов исследован генетический контроль устойчивости к вредным организмам у образцов зерновых культур, подсолнечника и картофеля; созданы новые доноры пшеницы, ячменя, ржи, сорго, картофеля, защищенные эффективными генами резистентности. Исследуется генетический контроль высоты растений, а также таких адаптивно ценных признаков растений, как продолжительность отдельных этапов онтогенеза, устойчивость к токсичным ионам алюминия. Созданы доноры устойчивости ячменя к повышенной кислотности почвы, ультраскороспелые рекомбинантные линии мягкой пшеницы.

Созданы рабочие коллекции ДНК образцов экономически важных растений и их диких родичей: пшеницы, ячменя, сорго, подсолнечника, картофеля. Продолжаются

исследования структурно-функциональной организации генов восстановления (*Rf*) фертильности пыльцы подсолнечника и сорго – ключевого признака в селекции гибридов на основе цитоплазматической мужской стерильности (ЦМС). С привлечением методов молекулярно-генетического и гибридологического анализов получены значимые для практики результаты: созданы линии подсолнечника – доноры генов *Rf* и устойчивости к ложной мучнистой росе; определена диагностическая ценность молекулярных маркеров ряда хозяйственно полезных генов подсолнечника, ячменя, сорго; валидированы опубликованные в литературе и разработаны системы маркеров, перспективные для исследований биоресурсных коллекций и использования в маркер-опосредованной селекции; запатентован ДНК-маркер для селекции гибридов сорго на основе цитоплазматической мужской стерильности А1-типа, разработан и валидирован маркер для идентификации мутантного аллеля *Rht1*, контролирующего нечувствительный к обработке экзогенной гиббереллиновой кислотой карликовый фенотип подсолнечника. Изучены особенности наследования признака восстановления фертильности пыльцы и ее морфометрических показателей у гибридов подсолнечника. Получены новые экспериментальные данные об особенностях рекомбинации в интрогрессированных от диких видов *Helianthus* участках хромосом культурного подсолнечника. Изучен полиморфизм генов, контролирующих запасные белки кафирины, ассоциированные с качеством зерна сорго.

КОЛЛЕКЦИЯ КАРТОФЕЛЯ ВИР – ОТ ФЕНОТИПИЧЕСКОГО ИЗУЧЕНИЯ К МОЛЕКУЛЯРНО-ГЕНЕТИЧЕСКОМУ АНАЛИЗУ

Е. В. Рогозина

Федеральный исследовательский центр Всероссийский институт генетических ресурсов растений имени Н.И. Вавилова (ВИР), Санкт-Петербург, Россия, erogozina@vir.nw.ru

THE POTATO COLLECTION MAINTAINED AT VIR: FROM PHENOTYPIC RESEARCH TO MOLECULAR GENETICS ANALYSIS

E. V. Rogozina

N.I. Vavilov All-Russian Institute of Plant Genetic Resources (VIR), St. Petersburg, Russia, erogozina@vir.nw.ru

Коллекция ВИР – первая коллекция картофеля в мире, созданная в результате систематического обследования и сборов в ареалах произрастания видов секции *Petota* на территориях стран Центральной и Южной Америки. Формирование коллекции на протяжении XX века происходило в результате поступлений экспедиционных сборов, обменов с генными банками США, Великобритании, Перу, Боливии, Колумбии, Аргентины, Германии, интродукции лучших зарубежных сортов и селекционных образцов. Сегодня в ВИР сохраняется разнообразие генофонда картофеля, которое по количеству сохраняемых образцов (более 8800) уступает только коллекции во Франции (12 120 образцов). В коллекции ВИР представлено более 2800 сортов (стародавних и новых, отечественной и зарубежной селекции), 3550 образцов аборигенных форм из Чили и горных районов Анд, более 1900 образцов дикорастущих видов и более 500 селекционных линий, дигаплоидов и межвидовых гибридов картофеля.

Изучение генофонда видов и аборигенных сортов картофеля было начато в 1927 г. с первых поступлений образцов, собранных экспедициями С. М. Букасова и С. В. Юзепчука в странах Центральной и Южной Америки. Географические опыты с целью изучения реакции видов и сортов картофеля на выращивание в разных почвенно-климатических условиях были заложены в сети опытных станций, опорных пунктов и научно-исследовательских институтов страны: от Крайнего Севера – Воркуты, Игарки и Магадана до южных границ – Ашхабада, Узбекистана, от Калининграда до Владивостока и Хабаровска. Сегодня дублетная коллекция сортов и уникальные межвидовые гибриды картофеля сохраняются в филиале Полярная опытная станция ВИР (Мурманская обл.). Воспроизводство и изучение диких и культурных видов картофеля проводится на НПБ «Пушкинские и Павловские лаборатории ВИР» (Санкт-Петербург, Пушкин). Эколого-географическое изучение новых сортов и перспективных гибридов картофеля выполняют сотрудники филиалов ВИР в разных агро-климатических регионах страны: от северных территорий Европейской части России до Дальнего Востока.

Итогом масштабных и многолетних исследований коллекции стала экологическая и физиологическая характеристика образцов диких и культурных видов и интродуцированных сортов картофеля. На основе комплексного подхода с использованием данных сравнительной морфологии, цитологического, анатомического, биохимического и иммунологического исследований С. М. Букасовым и Л. Е. Горбатенко была разработана система видов картофеля и их филогения. Изучение биологических, иммунологических и генетических особенностей коллекционных образцов выявило дифференцированность диких и культурных видов картофеля и внутривидовой полиморфизм по устойчивости к болезням, вредителям и экстремальным факторам среды. Исходя из результатов оценки образцов коллекций картофеля в ВИР, генбанках США и европейских стран, К. З. Будин разработал теоретические основы создания межвидовых гибридов-доноров устойчивости картофеля к патогенам. Созданные методом межвидовой

гибридизации и клонового отбора новые формы картофеля активно использовались как родительские линии для решения актуальных проблем селекции в России, Беларуси, Казахстане и других странах.

Фенотипическую характеристику образцов коллекции ВИР сегодня дополняют результаты их молекулярно-генетического анализа с использованием ДНК-маркеров генов, участвующих в обеспечении устойчивости разных видов и сортов картофеля к фитофторозу, цистообразующим нематодам, вирусам и раку картофеля. Маркерные фрагменты *Rpi* генов, контролирующей устойчивость картофеля к отдельным расам или широкому спектру рас фитофтороза, обнаружены в генотипах видов из Северо- и Южноамериканского центров происхождения, в том числе у образцов диких или культурных видов, филогенетически отдаленных от исходных источников *Rpi*-генов. Установлены различия в структуре отдельных участков ДНК у представителей диких и культурных видов картофеля в сравнении с известными последовательностями *Rpi*-генов.

В коллекции ВИР представлено более 100 клонов межвидовых гибридов, которые были выделены в потомствах от скрещивания диких и культурных видов с сортами и селекционными формами и имеют в родословных от 2 до 9 видов картофеля. Клоны межвидовых гибридов отличаются хорошей продуктивностью и другими хозяйственно ценными качествами в сочетании с групповой устойчивостью к болезням и вредителям. Одновременное изучение клонов межвидовых гибридов и сортов картофеля фитопатологическим методом и с помощью ДНК-маркеров позволило соотнести данные фенотипической оценки с результатами молекулярно-генетического анализа. Выявлены клоны межвидовых гибридов с высокой (7-8 баллов) устойчивостью листьев к фитофторозу и иммунитетом к Y-вирусу картофеля (YVK), устойчивые к фитофторозу и золотистой цистообразующей нематоде, к золотистой цистообразующей нематоде, раку и YVK и несущие по несколько маркеров разных *R*-генов. Донорские способности гибридных клонов по признакам устойчивости к фитофторозу и YVK подтверждают результаты оценки их генеративного потомства от скрещивания с восприимчивыми образцами. Анализ наследования ДНК маркеров *R*-генов у генеративного потомства гибридов-доноров позволит установить перспективность их использования в маркер-вспомогательной селекции картофеля.

ДОНОРЫ УСТОЙЧИВОСТИ К БОЛЕЗНЯМ И НИЗКОГО СОДЕРЖАНИЯ ВОДОРАСТВОРИМЫХ ПЕНТОЗАНОВ В ЗЕРНЕ ДЛЯ СЕЛЕКЦИИ РЖИ

О. В. Солодухина

Федеральный исследовательский центр Всероссийский институт генетических ресурсов растений имени Н.И. Вавилова (ВИР), Санкт-Петербург, Россия, osolodukhin@yandex.ru

DONORS OF DISEASE RESISTANCE AND LOW CONTENT OF WATER-SOLUBLE PENTOSANS IN GRAIN FOR RYE BREEDING

O. V. Solodukhina

N.I. Vavilov All-Russian Institute of Plant Genetic Resources (VIR), St. Petersburg, Russia, osolodukhin@yandex.ru

Озимая рожь – ценная хлебная, кормовая и техническая культура. Требования, предъявляемые к селекции современных сортов, предусматривают получение высоких урожаев высококачественного зерна в различных агроэкологических условиях возделывания. Успех селекционной работы во многом зависит от генетического разнообразия используемых доноров ценных признаков. Мировая коллекция генетических ресурсов ржи, сосредоточенная в ВИР, насчитывающая 3260 образцов, представляет собой ценный материал, позволяющий улучшать существующие и создавать новые сорта ржи. При сотрудничестве с доктором биологических наук, профессором В. Д. Кобылянским начаты и продолжают развиваться исследования по выявлению и эффективному использованию биоразнообразия генетических ресурсов ржи, при создании генетических доноров селекционно ценных признаков: короткостебельности, устойчивости к болезням, качества зерна и др.

Скрининг 2500 образцов ржи посевной по устойчивости к бурой ржавчине (возбудитель *Puccinia dispersa* Erikss. et Henn.) позволил лишь у 2 % из них выявить редкие генотипы растений, имеющие расоспецифическую устойчивость к патогену. Устойчивость к возбудителю стеблевой ржавчины (*Puccinia graminis* Pers. f. sp. *secalis* Erikss et Henn.) встречалась у 16 % из 477 изученных популяций, а к мучнистой росе (возбудитель *Blumeria graminis* DC. f. sp. *secalis* Em Marchal) – 3,5 % из 341 образца. Установлено, что устойчивость растений ржи к изученным болезням большинства природных источников контролируется монофакторно, независимыми доминантными генами. С помощью гибридологического анализа были идентифицированы главные гены *Lr4*, *Lr5*, *Lr6*, *Lr7*, *Lr8*, *Lr10*, детерминирующие специфическую реакцию устойчивости растений к бурой ржавчине; *Sr1* и *Sr2* – к стеблевой ржавчине; *Er* и *Rm2* – к мучнистой росе. Выявленные формы растений легли в основу создания 55 доноров устойчивости к одной или нескольким болезням. С использованием новых генетических доноров и разработанной стратегии селекции выведены сорта ‘Ника’ (1993), ‘Кировская 89’ (1993) с устойчивостью к бурой ржавчине и мучнистой росе, ‘Ольга’ (2009) – к мучнистой росе, ‘Эстафета Татарстана’ (1998) и ‘Эра’ (2001) – к трем болезням (бурой, стеблевой ржавчинам и мучнистой росе).

В последние годы получило развитие новое направление в селекции ржи, инициированное исследованиями, проводимыми под руководством В. Д. Кобылянского – создание сортов, имеющих пониженное содержание водорастворимых пентозанов в зерне. В ВИР разработана малозатратная технология селекции низкопентозановой ржи, основанная на взаимообусловленной связи низкого количества пентозанов с тонкопокровностью зерна. Для селекции предложено последовательно использовать метод накопительных внутривнутрипопуляционных скрещиваний и метод попарного переопыления растений с индикаторными колосьями. Совместно с селекционными учреждениями созданы первые популяционные сорта низкопентозановой ржи: ‘Берегиня’ (2016), ‘Подарок’ (2016), ‘Вавиловская’ (2016), ‘Янтарная’ (2018), ‘Красноярская

Универсальная' (2018), 'Новая Эра' (2021), 'Арга' (2023). Низкопентозановое зерно этих сортов перестает быть плохо усваиваемым животными, что позволяет использовать его в кормовых рационах животных без применения дорогостоящих ферментных добавок. Изучение хлебопекарных свойств зерна низкопентозановых сортов показало его полное соответствие ГОСТам хлебопечения, что свидетельствует о возможности использования новых сортов не только в зернофуражной, но и в хлебопекарной промышленности.

ГЕНЕТИЧЕСКОЕ РАЗНООБРАЗИЕ ЗЕРНОВЫХ КУЛЬТУР ПО ЭФФЕКТИВНОЙ УСТОЙЧИВОСТИ К ГРИБНЫМ ЛИСТОВЫМ БОЛЕЗНЯМ

Л. Г. Тырышкин

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

GENETIC DIVERSITY OF CEREAL CROPS FOR EFFECTIVE RESISTANCE TO FUNGAL FOLIAR DISEASES

L. G. Tyryshkin

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

Изучение устойчивости культурных растений и их сородичей к болезням, а также генетического контроля эффективной резистентности являлось и является одним из важнейших направлений исследований ВИР в течение большего периода его деятельности. В результате к началу двухтысячных годов было выделено множество образцов злаковых культур и их диких родичей, высокоустойчивых к листовым грибным болезням, а в ряде случаев и идентифицированы ранее неизвестные высокоэффективные гены устойчивости. В нашей предыдущей работе было показано, что большинство из выделенных генотипов восприимчивы к болезням, а устойчивые формы защищены уже известными и используемыми в селекции генами резистентности. Были предложены возможные объяснения ошибочной классификации восприимчивых генотипов как устойчивых к грибным заболеваниям и сделан вывод о крайней узости генетического разнообразия многих культурных злаков по эффективной резистентности к листовым болезням.

Однако после этого из коллекции ВИР было вновь выделено большое количество образцов, устойчивых к грибным патогенам: мягкой пшеницы – к возбудителям листовой ржавчины, темно-бурой листовой пятнистости, мучнистой росы, септориоза; культурного ячменя к ринхоспориозу, мучнистой росе, карликовой ржавчине, темно-бурой листовой пятнистости; тритикале – к листовой ржавчине, темно-бурой листовой пятнистости; овса – к корончатой ржавчине; видов пшениц и эгилопсов – к темно-бурой листовой пятнистости; кроме того, идентифицированы образцы *Aegilops tauschii*, резистентные к листовой ржавчине пшеницы. На основании результатов этих исследований можно было бы сделать вывод об обеспеченности селекционного процесса донорами и источниками устойчивости на многие годы вперед.

В настоящей работе изучалась проростковая и взрослая резистентность образцов зерновых культур из мировой коллекции ФГБНУ «Федеральный исследовательский центр Всероссийский институт генетических ресурсов растений имени Н.И. Вавилова (ВИР)» к листовым болезням. Изученный материал был представлен образцами, описанными как высокорезистентные к конкретным заболеваниям (в ряде случаев как имеющие новые гены устойчивости) в отечественной научной литературе, сортами из Госреестра РФ и образцами, ранее выделенными и созданными в наших исследованиях как потенциальные источники устойчивости. Проростковую устойчивость изучали в условиях лаборатории при инокуляции интактных растений в стадии 1-2 листа, а взрослую резистентность на естественных и искусственных инфекционных фонах на поле Пушкинских лабораторий ВИР.

В результате проведенных исследований показали восприимчивость к заболеваниям большинства изученных образцов. Среди мягких пшениц к популяции возбудителя листовой ржавчины из Северо-Западного региона РФ устойчивы только линии и сорта с генами *Lr 9, 19, 24, 41, 47*, однако многие из них потеряли эффективность в разных

регионах России и их одиночное использование в селекции вряд ли рационально. Нами созданы линии, несущие комбинации генов *Lr 9 + Lr 19*, *Lr 9 + Lr 24*, подтверждающие свою резистентность многие годы. Все коллекционные образцы были восприимчивы к темно-бурой листовой пятнистости и септориозу; резистентностью характеризуются только генотипы, ранее созданные на основе соматоклональных линий.

По результатам многолетних исследований среди культурного ячменя к мучнистой росе устойчивы только образцы с аллелями гена *mlo* (5 и 11), к карликовой ржавчине – с геном *Rph 7*, темно-бурой листовой пятнистости – *Rcs 5*. Для двух последних случаев в отдельные годы образцы с этими генами сильно поражаются ржавчиной и пятнистостью соответственно.

Описанные за последние 15 лет в отечественной литературе как устойчивые к болезням образцы тритикале были восприимчивы к листовой ржавчине и темно-бурой листовой пятнистости; овса – к корончатой ржавчине. Не выявлено устойчивых форм среди ранее описанных как резистентные к темно-бурой листовой пятнистости среди образцов видов пшениц и эгилопсов. Ранее выделенные по устойчивости к листовой ржавчине образцы *Ae. tauschii* восприимчивы к болезни.

В докладе предполагается обсудить возможные причины восприимчивости к болезням подавляющего количества выделенных резистентных форм – использование заражения отрезков листьев в бензимидазоле, низкие концентрации конидий гемибитрофных патогенов при инокуляции растений, выделение «устойчивых» генотипов по результатам однолетних полевых экспериментов, идентификация носителей эффективных генов резистентности по результатам анализа ампликонов после ПЦР, выделение устойчивых образцов после заражения единичными генотипами патогенов и т. д.

Крайняя узость генетического разнообразия зерновых злаковых культур по эффективной устойчивости ко многим листовым болезням ставит задачу как расширения этого разнообразия, так и создания методов борьбы с патогенами, альтернативных возделыванию устойчивых сортов.

СОЗДАНИЕ ДОНОРОВ УСТОЙЧИВОСТИ ЯЧМЕНЯ К ТОКСИЧНЫМ ИОНАМ АЛЮМИНИЯ

О. В. Яковлева

Федеральный исследовательский центр Всероссийский институт генетических ресурсов растений имени Н.И. Вавилова (ВИР), Санкт-Петербург, Россия, oly.yakovleva@mail.ru

PRODUCING BARLEY DONORS OF RESISTANCE TO TOXIC ALUMINUM IONS

O. V. Yakovleva

N.I. Vavilov All-Russian Institute of Plant Genetic Resources (VIR), St. Petersburg, Russia, oly.yakovleva@mail.ru

В современных условиях наблюдается увеличение площадей с кислой реакцией среды, обусловленной свободными ионами металлов, и, в частности, катионами алюминия, критические концентрации которого варьируют для разных видов растений. Значительные различия по толерантности к ионам алюминия отмечены у ржи, пшеницы, ячменя и других культур. В этом ряду ячмень относительно слабо устойчив к алюминиевой токсичности почвы. Для эффективного селекционного процесса при создании сортов ячменя с высоким адаптационным потенциалом необходимы новые источники и генетически охарактеризованные доноры устойчивости к эдафическим факторам среды.

Изучение мировой коллекции ячменя позволило нам выделить образцы с контрастным проявлением изучаемого признака. Для выделения источников, оценки гибридов и полученных трансгрессивных форм использовали лабораторный экспресс-метод оценки устойчивости к токсичным ионам алюминия в ювенильную фазу. Рост растений на стрессовом фоне (185 мкМ Al^{3+} , pH = 4,0) соотносили с ростом растений в контрольном варианте без добавления солей алюминия (pH = 6,5). В каждом опыте оценивали сорта-тестеры с известным уровнем устойчивости. Проведена оценка более 1700 образцов ярового ячменя. По реакции корней и ростка на действие ионного стресса в качестве источников выделены неизвестные ранее 73 высокоустойчивых генотипа ячменя.

В результате генетических исследований выявлены закономерности наследования устойчивости ячменя к фитотоксичным ионам алюминия, определен генетический контроль признака доминантными генами. Экспериментально получены высокоустойчивые к действию токсичных ионов алюминия рекомбинанты ячменя, создано 7 доноров устойчивости.

Доноры созданы методом гибридизации различных по устойчивости линий и многократного индивидуального отбора. Определено, что устойчивость доноров к ионам алюминия контролируется 1–2 доминантными генами. Продолжительность вегетационного периода у представленных доноров от 71 до 90 дней (раннеспелость – среднеспелость). Колос фуркатный или остистый, средней озерненности. Зерновки хорошо выполненные, крупные, голые или пленчатые. Два донора характеризуются комплексной устойчивостью к мучнистой росе и эдафическому стрессору.

Данный материал рекомендован нами для использования в селекции на эдафическую устойчивость во всех регионах возделывания ячменя.

Донор устойчивости ярового ячменя Rial-7-20

Создан методом гибридизации и многократного индивидуального отбора по устойчивости к токсичным ионам алюминия (185 мкМ Al^{3+} , pH 4,0). Гибридная формула – F₇ (Faust I × Colsess IV). Устойчивость к действию токсичных ионов алюминия контролируется одним доминантным геном. Положительные признаки: раннеспелый, фуркатный, голозерный; высокий уровень алюмоустойчивости и устойчивости к мучнистой росе.



- 1 – родительский сорт Faust I;
- 2 – гибрид;
- 3 – родительский сорт Colsess IV



Донор устойчивости ярового ячменя Rial-7-21

Создан методом гибридизации и многократного индивидуального отбора по устойчивости к токсичным ионам алюминия (185 мкМ Al^{3+} , pH 4,0). Гибридная формула – F₇ (Olga × Colsess IV). Устойчивость к действию токсичных ионов алюминия контролируется одним доминантным геном. Положительные признаки: среднеспелый, остистый, голозерный, крупнозерный; высокий уровень алюмоустойчивости, среднеустойчив к мучнистой росе.



- 1 – родительский сорт Olga;
- 2 – гибрид;
- 3 – родительский сорт Colsess IV



ПОЛИМОРФИЗМ ОРТОЛОГОВ ГЕНА *ATROVIOLACEA* (*ATV*) У ОВОЩНЫХ КУЛЬТУР СЕМЕЙСТВА *SOLANACEAE*

К. К. Яцевич, О. Г. Бабак, П. В. Шестерень, Е. В. Дрозд, Н. А. Некрашевич,
Н. В. Анисимова, А. В. Кильчевский

Институт генетики и цитологии Национальной академии наук Беларуси, Минск, Беларусь,
K.Yatsevich@igc.by

POLYMORPHISM OF THE *ATROVIOLACEA* (*ATV*) GENE'S ORTHOLOGS IN THE *SOLANACEAE* FAMILY

К. К. Yatsevich, O. G. Babak, P. V. Shesteren, E. V. Drozd, N. A. Nekrashevich,
N. V. Anisimova, A. V. Kilchevsky

Institute of Genetics and Cytology of the National Academy of Sciences of Belarus, Minsk,
Belarus, K.Yatsevich@igc.by

Потребность современного мирового общества в продуктах для здорового питания обеспечивает интерес к созданию сортов овощных культур с высокими антиоксидантными свойствами, одним из путей повышения которых является увеличение содержания антоцианов в плодах и вегетативных органах. В связи с этим изучение вопросов генетической регуляции накопления данной группы пигментов, влияние взаимосвязи аллелей на процесс биосинтеза антоцианов и поиск новых способов повышения их концентрации является актуальной задачей. В данной работе представлены результаты по изучению полиморфизма ортологов гена *Atroviolacea* (*ATV*) *Solanum lycopersicum*, связанного с накоплением антоциана в вегетативных частях растений и плодах культур семейства Пасленовые (перец, баклажан).

Известно, что рецессивный аллель гена *atv* (R3MYB транскрипционного фактора) *S. cheesmaniae* в сортах культурного томата приводит к усилению накопления антоциана в вегетативных органах, а также плодах при наличии аллелей *Ant1* и *An2-Aft*. Поиск ортологичных генов к аллелю томата *ATV* (мРНК NM_001365378, GeneBank) в базах данных GeneBank и Solgenomics выявил следующие наиболее близкие по нуклеотидной последовательности: MYB транскрипционные факторы ETC3 у *Capsicum annuum* (мРНК XM_016699926 и мРНК XM_016723933, GeneBank) и фактор транскрипции *SmeATV* у *Solanum melongena* (*Sme2.5_06838.1*, Solgenomics). Уровень сходства в гомологичных участках составил 73–87%. Нами подобраны праймеры, полностью перекрывающие открытую рамку считывания указанных генов с их промоторами протяженностью около 1,5 тпн. Полученные ампликоны секвенированы и сведены в единую последовательность для каждого проанализированного образца перца или баклажана.

Сравнительный анализ последовательностей гена *SmeATV* у коллекционных форм *S. melongena* показал низкую степень полиморфизма у большинства проанализированных сортов. При этом в коллекции не было форм с высоким накоплением антоцианов в листьях. У сорта Пеликан (без накопления антоцианов в плодах и вегетативных органах) в полноразмерном гене с дистальным участком промотора было выявлено 45 SNP, 5 однонуклеотидных Indel, 3 двухнуклеотидных Indel, тринуклеотидная делеция и вставки в 5 и 46 пар оснований. Среди всех выявленных полиморфизмов данного сорта 2 нуклеотидные замены расположены в пятом экзоне гена *SmeATV*, одна из которых приводит к появлению преждевременного стоп кодона, что сокращает синтезируемый белок на 21 аминокислоту. Нами разработаны и протестированы SCAR-маркер *SmeAtv-Ins46+2* и dCAPS-маркер *SmeAtvEx5_TaiI* для выявления вставок в 46 пн и 2 пн в интроне 3 и SNP в пятом экзоне.

Сравнение полученных сиквенсов коллекционных образцов перца с полноразмерной открытой рамкой считывания гена ETC3-1 (GenBank-XM_016699926)



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



Национальный центр
генетических ресурсов
растений



ПРЕЗИДЕНТСКАЯ
БИБЛИОТЕКА



МЕРОПРИЯТИЕ № 5. ПРИКЛАДНАЯ БИОХИМИЯ И ФИЗИОЛОГИЯ КУЛЬТУРНЫХ РАСТЕНИЙ – ПОСВЯЩАЕТСЯ 130-ЛЕТИЮ СО ДНЯ РОЖДЕНИЯ Н. Н. ИВАНОВА

EVENT No. 5. APPLIED BIOCHEMISTRY AND PHYSIOLOGY OF CULTIVATED PLANTS – DEDICATED TO THE 130TH BIRTHDAY OF N. N. IVANOV



Биохимик растений, доктор
биологических наук Н. Н. Иванов
(1884–1940). (Архив ВИР)



ОСНОВНЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ СОТРУДНИЧЕСТВА КазНИИЗиР И ВИР ПО СЕЛЕКЦИИ ЗЕРНОФУРАЖНЫХ КУЛЬТУР

А. Ж. Баймуратов, А. Р. Искаков, Б. С. Сариев

Казахский научно-исследовательский институт земледелия и растениеводства,
Алматинская область, Казахстан, kazniizr@mail.ru

MAIN RESULTS OF COOPERATION BETWEEN VIR AND THE KAZAKH INSTITUTE OF AGRICULTURE AND PLANT GROWING ON GRAIN AND FODDER CROP BREEDING

A. Zh. Baimuratov, A. R. Iskakov, B. S. Sariev

Kazakh Research Institute of Agriculture and Plant Growing, Almaty region, Kazakhstan,
kazniizr@mail.ru

Успешное развитие животноводства невозможно без крепкой кормовой базы, для которой большое значение имеет зернофуражные культуры – ячмень и овес. Ячмень как культура разностороннего использования по площади посева и объему производства зерна в Казахстане занимает второе место после пшеницы. В Казахстане зарегистрировано более 65 сортов ячменя, в том числе 45 сортов местной селекции, 24 сорта овса, из них 16 сортов казахстанской селекции. Основной проблемой зерновых культур в Казахстане является низкая урожайность. Занимая 7-е место в мире по площадям возделывания ячменя, Казахстан по объему производимой продукции находится на 16-м месте (<https://www.atlasbig.com/ru/strany-po-proizvodstvu-yachmenya>), по посевным площадям овса занимает 10-е место, а по объему производства – 19-е место (<https://www.atlasbig.com/ru/strany-po-proizvodstvu-ovsa>).

В повышении урожайности и устойчивости зернофуражных культур важную роль играет селекция. Селекционные работы по ячменю проводятся в шести НИУ, среди которых ведущим является Казахский НИИ земледелия и растениеводства, который ведет селекцию как по ячменю, так и по овсу. Селекционные работы здесь начаты в 1934 году представителем Всесоюзного НИИ растениеводства А. А. Орловым, который организовал обширные исследования коллекционных образцов пшеницы и ячменя (Сариев, Абугалиева, 2012). Селекционные работы по овсу в институте были начаты в 1981 году. В настоящее время опыты по созданию сортов зернофуражных культур ведутся по трем направлениям: кормовое, пищевое и пивоваренное, по овсу: кормовое и пищевое. Исследовательские работы ведутся в тесном сотрудничестве с учеными Всероссийского института генетических ресурсов растений имени Н.И. Вавилова (ВИР) (Россия), Центрального исследовательского института полевых культур (Турция), Института биологии и биотехнологии растений (Казахстан).

Целью селекционных исследований КазНИИЗиР является создание высокопродуктивных сортов зернофуражных культур с высокой устойчивостью и качеством зерна, обладающих конкурентоспособностью и экспортным потенциалом. Исследования проводятся с использованием мировой коллекции ярового, озимого ячменя кормового и пищевого направлений, а также ярового овса с целью выделения источников донорных признаков для использования в практической селекции, получения перспективных гибридных популяций и оценки селекционного материала по полной схеме селекционного процесса для выделения новых сортов с урожайностью от 2 до 4 ц/га выше в сравнении отечественными и зарубежными аналогами (Сариев, Баймуратов, 2020).

По результатам научных исследований создано и передано в Государственную комиссию по сортоиспытанию сельскохозяйственных культур 38 сортов по ячменю и овсу. Из них 20 сортов ячменя и 11 сортов овса районированы и возделываются в 11 областях Казахстана и 5 сортов ярового ячменя – на территории Республики Кыргызстан. Эти сорта

вносят свою лепту в увеличении производства зерна каждой области и в целом по республике.

Ежегодно проводится пополнение генофонда, за указанный период пополнение составило 306 образцов пивоваренного и кормового ячменя образцами из мировой коллекции. Дана полевая характеристика продуктивности и устойчивости к болезням 539 образцов генофонда ячменя. Восстановлены 300 образцов ячменя с критическим уровнем хранения. Организовано хранение, более 1783 образцов ячменя находится в консервации на длительном хранении в Генбанке института (Алимгазинова, Есимбекова, 2012). Генбанк содержит обширную коллекцию разнообразных ценных форм ячменя и овса на основе местных сортов, материалов ВИР, СΥΜΜΙΤ и ICARDA. В соответствии с международными дескрипторами создана Национальная электронная паспортная база данных по генетическим ресурсам растений, включающая информацию по 8539 образцам зернофуражных культур, единая информационная сеть для эффективного обмена информацией и ресурсами между научно-исследовательскими учреждениями Казахстана и региона Средней Азии для повышения эффективности селекции. Оценка гермоплазмы овса и ячменя и их сородичей проводится по продуктивности, качеству зерна, устойчивости к биотическим (болезни и вредители) и абиотическим (морозо- и зимостойкость, засухоустойчивость и т. д.) факторам.

В сотрудничестве с учеными ВИР было проведено обширное исследование образцов голозерного овса из коллекции ВИР в условиях Казахстана (Абугалиева и др., 2021). В результате изучения для условий юго-восточных и северных регионов Казахстана выделены образцы голозерного овса с повышенными и стабильными показателями содержания протеина, крахмала, амилозы, жира, отдельных жирных кислот и β-глюканов. Выделенный материал включен в селекционные программы Республики Казахстан для создания высокоурожайных высококачественных голозерных сортов овса.

В результате многолетних исследований разработаны модели сортов для богарных, неполивных и орошаемых земель Казахстана (Сариев, Абугалиева, 2012). На основании полевых и лабораторных исследований за последние 30 лет созданы и районированы 26 сортов ярового, озимого и голозерного ячменя, 12 сортов ярового овса (КазНИИЗиР). На производстве возделываются более 20 сортов ячменя селекции этого института, которые занимают более 700 тысяч гектаров пашни в стране, что составляет треть объема выращивания ячменя в Казахстане.

Финансирование: BR24892821 «Селекция и первичное семеноводство зерновых культур для повышения потенциала продуктивности, качества и стрессоустойчивости в различных почвенно-климатических зонах Казахстана».

Список литературы

Абугалиева А. И., Лоскутов И. Г., Савин Т. В., Чудинов В. А. Изучение голозерного овса из коллекции ВИР на качественные показатели в условиях Казахстана // Труды по прикладной ботанике, генетике и селекции. 2021 Т. 182, вып. 1. С. 9-21. DOI: 10.30901/2227-8834-2021-1-9-21

Алимгазинова Б. Ш., Есимбекова М. А. Генетические ресурсы растений Казахстана: состояние и перспективы // Вавиловский журнал генетики и селекции. 2012. Т. 16, № 3. С. 648-654.

Лучшие страны-производители овса // Atlas Big: [сайт]. URL: <https://www.atlasbig.com/ru/strany-po-proizvodstvu-ovsa> (дата обращения: 01.09.2024)

Мировое производство ячменя по странам // Atlas Big: [сайт]. URL: <https://www.atlasbig.com/ru/strany-po-proizvodstvu-yachmenya> (дата обращения: 01.09.2024)

Сариев Б. С., Абугалиева А. И. Селекция ячменя на Юге и Юго-Востоке Казахстана. Алматы: [КазНИИЗиР], 2012. 140 с.

Сариев Б. С., Баймуратов А. Ж. Результаты создания новых сортов зернофуражных культур в Казахстане и его внедрение в производство // КазНАУ «Ізденістер, нәтижелер – Исследования, результаты». 2020. № 3. С. 311–317.

**ПРИМЕНЕНИЕ МЕТОДОВ ТАНДЕМНОЙ МАСС-СПЕКТРОМЕТРИИ,
ЛАЗЕРНОЙ МИКРОСКОПИИ И МНОГОМЕРНОГО АНАЛИЗА
ФЕНОТИПИЧЕСКИХ ПРИЗНАКОВ ДЛЯ ДИФФЕРЕНЦИАЦИИ СОРТОВ ВИГНЫ
ПО ОВОЩНОМУ И ЗЕРНОВОМУ НАПРАВЛЕНИЯМ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ**

М. О. Бурляева, М. В. Гуркина, Ю. Н. Зинченко, М. П. Разгонова

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

**APPLICATION OF THE METHODS OF TANDEM MASS SPECTROMETRY, LASER
MICROSCOPY, AND MULTIVARIATE ANALYSIS OF PHENOTYPIC CHARACTERS
FOR DIFFERENTIATION AMONG COWPEA CULTIVARS FOR VEGETABLE AND
GRAIN USES**

M. O. Burlyaeva, M. V. Gurkina, Yu. N. Zinchenko, M. P. Razgonova

N.I. Vavilov All-Russian Institute of Plant Genetic Resources (VIR), St. Petersburg, Russia,
m.burlyaeva@vir.nw.ru

Вигна (*Vigna unguiculata* (L.) Walp.) – теплолюбивая культура, в большинстве стран ее возделывают для получения зерновой и овощной продукции. Положительные результаты выращивания вигны в открытом грунте в южных регионах России, возможность ее культивирования на неплодородных почвах в жарких и сухих климатических условиях делают актуальным создание новых сортов, пригодных для более широкого внедрения в сельскохозяйственное производство нашей страны. При создании сортов первостепенное значение имеет знание закономерностей изменчивости взаимосвязей хозяйственно ценных признаков и их особенностей у сортов разных направлений использования (зернового и овощного). Ускорение селекционного процесса в большой степени зависит и от знания признаков, позволяющих дифференцировать исходный материал по целевому назначению.

Образцы вигны в коллекции ВИР отличаются значительным разнообразием по происхождению, форме куста, типу роста, длине вегетационного периода, морфологическим характеристикам бобов и семян, биохимическому составу различных органов растений и др. Это позволяет полноценно оценить изменчивость и взаимосвязи хозяйственно ценных, морфологических и фенологических признаков в различных группах сортов и разрабатывать сорта, удовлетворяющие разные запросы потребителей сельскохозяйственной продукции. В том числе и актуальные для России сорта зернового и овощного использования.

Генетическое улучшение вигны требует комплексного подхода, в том числе оно должно быть направлено и на повышение качества плодов и семян у сортов разного направления использования. Данные, полученные при анализе метаболома семян вигны дополняют традиционные и молекулярно-генетические методы селекции, направленные на создание сортов с повышенными показателями биологически активных веществ (БАВ).

В связи с вышесказанным, задачами нашего исследования стало: 1) изучение изменчивости фенологических, морфологических и хозяйственно ценных признаков, позволяющих дифференцировать исходный материал для селекции зерновых и овощных сортов; 2) анализ изменчивости структуры корреляций изученных признаков и выделение признаков-индикаторов, упрощающих отбор и селекцию высокопродуктивных образцов для разных направлений использования; 3) анализ варьирования БАВ в семенах с помощью высокоэффективной жидкостной хроматографии и тандемной масс-спектрометрии; 4) визуализация локализации фитохимических соединений в тканях семян посредством конфокальной лазерной микроскопии; 5) выявление отличий между овощными и зерновыми сортами по содержанию БАВ в семенах.

Изучение 315 образцов вигны из коллекции ВИР разного географического происхождения проводили в полевых условиях в Астраханской области (Россия) в течение трех лет. Исследовали 8 морфологических, фенологических и хозяйственно ценных признаков. Анализ БАВ в семенах осуществляли у 2 зерновых и 3 овощных образцов с разной окраской семенной кожуры с помощью высокоэффективной жидкостной хроматографии и тандемной масс-спектрометрии, визуализацию локализации фитохимических соединений в тканях семян – посредством конфокальной лазерной микроскопии. Изменчивость и взаимосвязи признаков, дифференциацию образцов по группам использования оценивали с помощью многомерных статистических методов.

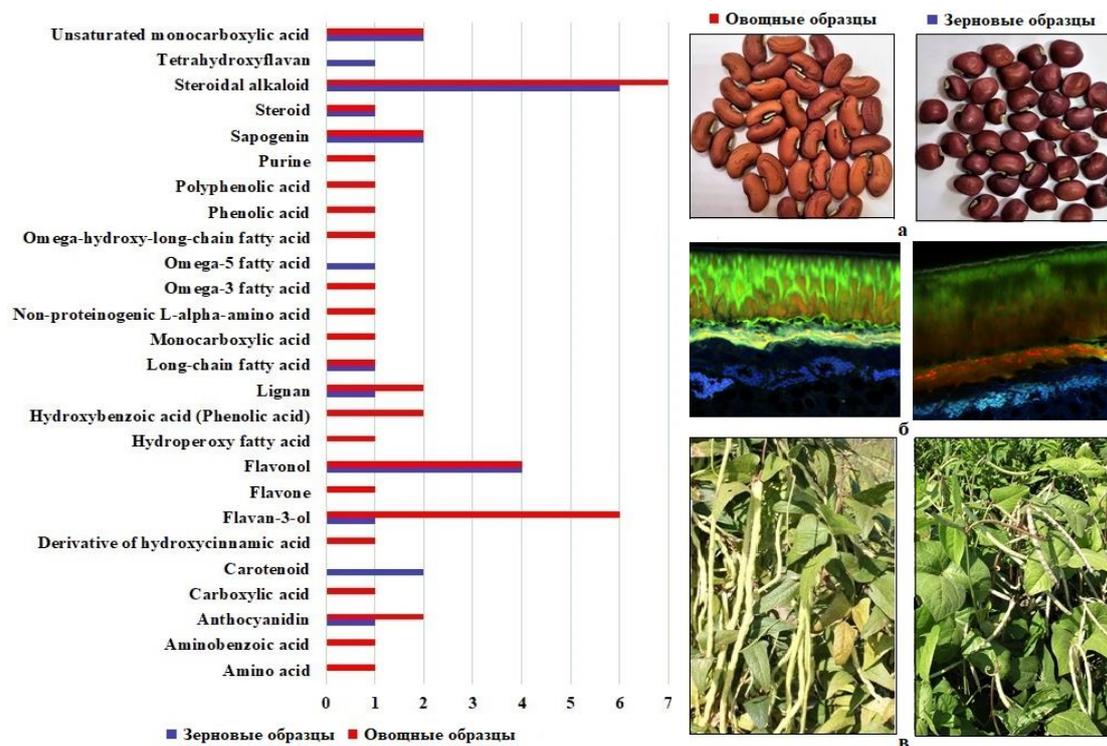


Рисунок. Содержание биологически активных соединений в семенах зерновых и овощных сортов. 1-7 – число идентифицированных веществ, а – семена, б – поперечный срез семени, конфокальная микроскопия, в – растения (слева овощной сорт, справа зерновой сорт)

В семенах идентифицировано 49 биологически активных соединений (рисунок): флавонолы, флавоны, антоцианидины, фенольные кислоты, аминокислоты, монокарбоновые кислоты, аминокислоты, жирные кислоты, лигнаны, каротиноиды, сапогенины, стероиды и др. Большая часть БАВ локализовалась в палисадном эпидермисе, меньшая – в гиподерме и паренхиме семенной кожуры, наименьшая в семядолях. Сравнение сортов разного направления использования по числу БАВ выявило значительное превосходство по этому показателю овощных сортов над зерновыми. У овощных образцов было выявлено 36 соединений, у зерновых – 24.

В результате изучения фенотипических характеристик определены признаки, дифференцирующие зерновые и овощные сорта, к ним относятся: тип поверхности семенной кожуры, степень развития пергаментного слоя и волокна в створках боба и длина боба. Рассчитаны дискриминантные функции, по которым можно идентифицировать и классифицировать образцы по зерновому и кормовому направлениям использования. Определен признак (наличие углублений или продольных штрихов на поверхности семенной кожуры), диагностирующий овощные сорта по семенам. Установлены признаки, взаимосвязанные с высокой семенной продуктивностью. Для зерновых сортов таким признаком является масса 1000 семян, для овощных – крупносемянность и длинноплодность бобов.

Работа выполнена при финансовой поддержке государственного проекта № FGEM-2022-0002 «Выявление возможностей генофонда бобовых культур для оптимизации их селекции и диверсификации использования в различных отраслях народного хозяйства».

ДИФФЕРЕНЦИАЦИЯ ГЕНОФОНДА ГУАРА ПО ОТНОШЕНИЮ К ЗАСУХЕ В УСЛОВИЯХ ВОЛГОГРАДСКОЙ ОБЛАСТИ

М. А. Вишнякова¹, Р. А. Шаухаров^{1,2}, М. М. Агаханов², Н. В. Кочерина^{1,3},
Е. А. Дзюбенко¹

¹ Федеральный исследовательский центр Всероссийский институт генетических ресурсов растений имени Н.И. Вавилова (ВИР), Санкт-Петербург, Россия,

m.vishnyakova.vir@gmail.com

² Федеральный исследовательский центр Всероссийский институт генетических ресурсов растений имени Н.И. Вавилова (ВИР), Волгоградская опытная станция – филиал ВИР, Волгоград, Россия

³ Агрофизический научно-исследовательский институт (АФИ), Санкт-Петербург, Россия

DIFFERENTIATION OF THE GUAR GENE POOL WITH RESPECT TO DROUGHT IN VOLGOGRAD PROVINCE

М. А. Vishnyakova¹, R. A. Shaukharov^{1,2}, M. M. Agakhanov², N. V. Kocherina^{1,3},
E. A. Dzyubenko¹

¹ N.I. Vavilov All-Russian Institute of Plant Genetic Resources (VIR), St. Petersburg, Russia,
m.vishnyakova.vir@gmail.com

² N.I. Vavilov All-Russian Institute of Plant Genetic Resources (VIR), Volgograd Experiment Station – branch of VIR, Volgograd, Russia

³ Agrophysical Research Institute (AFI), St. Petersburg, Russia

Гуар (*Cyamopsis tetragonoloba* (L.) Taub) – однолетнее самоопыляемое растение из семейства Fabaceae – новый интродуцент в РФ. Растение имеет стратегическое значение в силу применения одного из его производных – камеди (углевод галактоманнан) – в газонефтяной, бумажной, текстильной, фармацевтической, пищевой и других отраслях промышленности.

Центр происхождения вида – Индия и Пакистан, поэтому производство культуры гуара ограничивается тропическими районами. В силу глобальных климатических изменений и успехов селекции появились сорта, агрономический ареал которых продвинулся к северу. Зависимость от импортной камеди побудила российских ученых и аграриев к активным действиям по интродукции гуара в Россию и создания отечественных сортов. Это послужило импульсом мобилизации нового материала в коллекцию ВИР, которая в наши дни насчитывает 169 образцов, а также инициировало исследования культуры.

Гуар считается умеренно засухоустойчивым растением. Однако в Индии – ведущем производителе и экспортере семян гуара, его выращивают в разных эколого-географических нишах на поливе и без полива. Необходимо выявить разнообразие генофонда гуара по засухоустойчивости для вовлечения в российскую селекцию наиболее перспективных генотипов. С этой целью выборку из 50 образцов *C. tetragonoloba* из коллекции ВИР, созданную по принципу максимальной репрезентативности генофонда культуры, изучали в 2023–2024 гг. на Волгоградской опытной станции ВИР. Экспериментальное поле разделили на две равные части: контроль-полив (П) и опыт-искусственная засуха (З), на каждой высевали один и тот же набор из 50 образцов. Над полем был создан тент из полиэтилена для избегания попадания естественных осадков. Сумма активных температур опыта была близка к требованиям культуры – 3286 °С. Применяли точечный капельный полив. Объем воды для каждого растения был рассчитан согласно принципам капельного орошения. Полив всего массива продолжали до полного образования последнего боба в нижних кистях. После этого на опытной половине поля (З) полив прекратили и больше не возобновляли. Во время уборки осуществляли анализ

структуры семенной продуктивности: измерения 5–7 растений по 10 хозяйственно ценным признакам (стебель – длина, число ветвей, число узлов со зрелыми бобами, число узлов с незрелыми бобами; число бобов в узле; масса зрелых бобов с растения; длина боба; число семян в бобе; масса семян с растения; масса 1000 семян). По всем фенотипическим признакам были вычислены описательные статистики, проведено сравнение признаков структуры урожая с помощью дисперсионного анализа. Статистические расчеты проводили с применением программы STATISTICA v.10.

Выявлены признаки с разной степенью изменчивости на П и З. Признаки, показывающие в обоих режимах вариабельность средней степени: высота растения, длина боба, число семян в бобе и масса 1000 семян детерминируются в основном генотипом образца, условия среды на них влияют слабо.

По семенной продуктивности образцы гуара в режимах искусственной засухи и на поливе разделились на три категории: высокая семенная продуктивность в режиме П – низкая на З; высокая продуктивность на З – низкая на П; сравнимые значения признака на обоих режимах.

У первой категории, которую мы обозначили чувствительной к засухе, продуктивность растения на режимах П/З равнялась: $27,8 \pm 6,74/11,1 \pm 1,47$ г (к-52904); $27,2 \pm 10,17/12,2 \pm 4,04$ г (к-52924); $19,1 \pm 5,22/6,1 \pm 1,08$ г (к-52924). У второй категории (толерантной к засухе): $35,1 \pm 9,16/16,3 \pm 6,41$ г (к-52938); $23,8 \pm 3,73/10,7 \pm 2,99$ г (к-52857); $11,5 \pm 2,36/4,7 \pm 1,41$ г (к-52881). У третьей категории соотношения на П/З были: $19,8 \pm 3,01/17,6 \pm 4,62$ г (к-52891); $19,0 \pm 3,60/18,6 \pm 4,58$ г (к-52920); $11,7 \pm 3,26/10,4 \pm 7,00$ г (к-52862). Последнюю категорию, по-видимому, можно считать группой широкой адаптации к условиям увлажнения.

Выявленная нами внутривидовая дифференциация изученных образцов гуара из коллекции ВИР позволяет рекомендовать конкретные образцы для выращивания в определенных агро-климатических и эколого-географических условиях (с поливом/без полива), а также рекомендовать определенную часть генофонда вида в качестве исходного материала для создания засухоустойчивых сортов.

Исследование выполнено при финансовой поддержке РНФ в рамках научного проекта 23-16-00195 от 15 мая 2023 г.

ПЕРИОДЫ РАЗВИТИЯ И ДИНАМИЧЕСКИЕ ПАРАМЕТРЫ ФОРМИРОВАНИЯ УРОЖАЯ ЛЮПИНА БЕЛОГО (*LUPINUS ALBUS L.*) У СОРТОВ С ДЕТЕРМИНАНТНЫМ ТИПОМ РОСТА

Г. Г. Гатаулина, А. В. Шитикова, Н. В. Медведева

Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К.А. Тимирязева,
Москва, Россия, plant@rgau-msha.ru

PERIODS OF DEVELOPMENT AND DYNAMIC PARAMETERS OF YIELD FORMATION IN WHITE LUPINE (*LUPINUS ALBUS L.*) CULTIVARS OF THE DETERMINANT GROWTH TYPE

G. G. Gataulina, A. V. Shitikova, N. V. Medvedeva

Russian State Agrarian University – Moscow Timiryazev Agricultural Academy, Moscow,
Russia, plant@rgau-msha.ru

Белый люпин (*Lupinus albus L.*) – бобовое растение, произрастающее в Средиземноморском регионе и Северной Африке, ценная высокобелковая культура. Содержание белка в семенах варьируется от 28 % до 48 % в зависимости от условий произрастания и типа почвы, является источником незаменимых аминокислот (особенно лизина), в нем содержится значительное количество сырого масла (до 15 %) с благоприятным балансом жирных кислот: 10 % насыщенных и 90 % ненасыщенных жирных кислот, включая (18:1) олеиновую, (18:2) линолевую и (18:3) линолевую кислоты. Кроме того, люпин является хорошим источником минералов, среди которых калий, кальций, магний и натрий. Интерес к производству люпина белого в последнее время растет из-за его потенциала как источника белка, его потенциальных фармацевтических целей, того факта, что его можно выращивать в широком диапазоне климатических условий. Основным производителем белого люпина в мире, по данным FAOSTAT, является Австралия – около 90 % мирового производства. В странах Евросоюза за счет использования люпина белого в пищевой промышленности за последние 20 лет объемы производства выросли в 5,2 раза (с 88,091 до 457,963 т/год), в 2023 году основными странами-производителями люпина в Европе были Польша (261,500 т/год), Германия (34,100 т/год), Франция (12,820 т/год) и Испания (2470,00 т/год) (<https://www.fao.org/faostat/en/#home>).

В России интродукция белого люпина стала возможной благодаря селекционной работе, начатой в РГАУ-МСХА в конце 40-х годов XX века, результатом которой стали мутанты с ограниченным (детерминантным) типом роста, на их основе был создан оригинальный исходный материал для селекции сортов белого люпина, устойчиво созревающих в Центральном Черноземье. Цель исследований – определить вариабельность динамических показателей продукционного процесса у белого люпина по отдельным периодам развития, а также уровень урожайности, элементов структуры урожая и их вариабельность в зависимости от метеорологических факторов у разных сортов белого люпина в условиях Центрального Черноземья России. Исследования были посвящены последовательному выявлению тех особенностей фотосинтеза посева и формирования элементов продуктивности в предшествующий период, которые обуславливают существенное изменение состояния посева в последующий период и, в конечном счете, изменение урожайности и накопление протеина. Подобное структурное построение динамической системы оказалось вполне обоснованным и для других зернобобовых культур (Гатаулина, Никитина, 2024; Гатаулина и др., 2023). Для всех культур характерны два периода в развитии, когда фотосинтез отсутствует: это начальный – от посева до появления всходов, и конечный – созревания, когда на растениях отсутствуют листья и другие зеленые части растений. В течение вегетации от всходов до начала созревания,

когда посев функционирует как фотосинтезирующая система, выделяются 4 периода: I – от всходов до начала цветения (до раскрытия первого цветка на растении); II – цветение и образование плодов (от раскрытия первого цветка до полного окончания цветения); III – рост плодов (в конце периода плоды на боковых побегах или верхних ярусах растения достигают максимальных размеров, створки плодов максимальной массы, отмечается фаза выполненных или блестящих бобов); IV – налив семян (ассимиляты и питательные вещества из створок плодов и других органов оттекают в семена; в конце периода сухая масса семян максимальная, влажность семян высокая). Созревание семян – завершающий период их развития. В этот период семена и створки плодов теряют влагу. Скорость созревания, характеризующаяся интенсивностью снижения влажности семян и створок плодов, зависит от погодных условий.

В схему опыта были включены сорта Детер 1, Старт, Гамма, Дельта, Дега, Мановицкий, адаптированные к условиям региона, разнотипные по архитектонике: по степени ветвления, способности формировать побеги разных порядков, продолжительности вегетации. Эти признаки растений проявляются в полной мере только в условиях хорошей влагообеспеченности в период вегетативного роста и ветвления растений: I тип (сорт Детер 1) не образует боковых побегов, плоды (бобы) формируются только на главном побеге; II тип (сорта Старт и Гамма) с укороченными побегами первого порядка с бобами; III тип (сорта Дега и Дельта) с образованием более длинных боковых побегов первого и второго порядка; IV тип (сорт Мановицкий) с формированием побегов первого-третьего и более высоких порядков. Вариабельность продолжительности вегетации «всходы – созревание» и отдельных периодов в разные по метеорологическим условиям годы является важным показателем для оценки рисков в производственных условиях. Вегетационный период (от всходов до созревания) в условиях северной части Центрального Черноземья варьировал в годы исследований в зависимости от сорта и метеорологических условий от 73 до 115 дней. В засушливые годы все сорта развивались по типу скороспелых, вегетационный период сокращался на срок до 37 дней, самый короткий период вегетации был у сорта без боковых побегов Детер 1. Погодные условия вегетационных периодов в годы исследований оказали большое влияние на формирование урожайности и ее вариабельность, установлено, что период «цветение и образование плодов» (от раскрытия первого цветка до полного окончания цветения) имеет решающее значение для формирования урожая. При отборе перспективных генотипов по проанализированным показателям учитывали основные тенденции в селекции люпина, в первую очередь – генотипы с коротким вегетационным периодом, как важного критерия формирования продуктивности растений. Структурные элементы, определяющие уровень урожайности, их изменчивость в зависимости от генотипа и условия произрастания растений связаны с потенциалом сорта и степенью его адаптации к меняющимся условиям. Наши исследования доказали закономерность динамической зависимости детерминантных сортов люпина белого в формировании урожайности и накоплении белка. Научные исследования в области селекции однолетних зернобобовых культур, в том числе белого люпина, за последние годы достигли значительного прогресса в создании новых сортов с высокой пищевой ценностью, улучшенной экологической пластичностью и устойчивостью к неблагоприятным условиям. Несмотря на это необходимость и возможность дальнейшего совершенствования и создания новых сортов люпина белого продолжает оставаться важнейшей задачей ввиду меняющихся условий выращивания.

Список литературы

Гатаулина Г. Г., Никитина С. С. Зернобобовые культуры: системный подход к анализу роста, развития и формирования урожая. Москва : ИНФРА-М, 2024. 242 с. (Научная мысль). DOI: 10.12737/18019. URL: <https://znanium.ru/catalog/product/2140703> (дата обращения: 17.08.2024).

Гатаулина Г. Г., Шитикова А. В., Медведева Н. В. Формирование плодов, семян и урожайность сортов люпина белого (*Lupinus albus* L.) с детерминантным типом роста // Известия Тимирязевской сельскохозяйственной академии. 2023. № 5. С. 51–61. DOI: 10.26897/0021-342X-2023-5-51-61

Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO). FAOSTAT: [website]. Available online: <https://www.fao.org/faostat/en/#home> (accessed on 17 August 2024).

БИОЛОГИЧЕСКАЯ ФОРТИФИКАЦИЯ ВОЛОКНА ПРЯДИЛЬНЫХ КУЛЬТУР

С. В. Григорьев, Т. В. Шеленга

Федеральный исследовательский центр Всероссийский институт генетических ресурсов растений имени Н.И. Вавилова (ВИР), Санкт-Петербург, Россия, s.grigoryev@vir.nw.ru

BIOLOGICAL FORTIFICATION OF TEXTILE CROP FIBERS

S. V. Grigoryev, T. V. Shelenga

N.I. Vavilov All-Russian Institute of Plant Genetic Resources (VIR), St. Petersburg, Russia, s.grigoryev@vir.nw.ru

Биофортификация растений направлена на улучшение биологической доступности и концентрации необходимых веществ в получаемых продуктах сельскохозяйственных растений, в том числе методами селекции с использованием потенциала генотипического разнообразия образцов коллекций культур. Функционализация текстиля является устойчивым трендом обогащения текстильного волокна. Обогащение может достигаться либо путем добавления в используемое волокно выбранных экзогенных веществ на этапах промышленной переработки сырья, либо снижением или увеличением в нем ряда эндогенных веществ естественного происхождения направленной селекцией растений с конечной целью улучшения потребительских свойств текстиля – повышения биостойкости волокна к микроорганизмам-деструкторам, гипоаллергенности, оптимизации гигроскопичности, гидрофобности, теплопроводности, устойчивости к УФ излучению и проч., чтобы приблизиться к достижению наилучших функциональных свойств текстиля. В частности, в волокне прядильных культур были обнаружены метаболиты, которые обладают необходимыми свойствами и могут обусловить биофункциональность текстильных пряж. В частности, было обнаружено, что волокно (хлопковое, конопляное и др.) в разных количествах содержит биологически активные метаболиты. Например, ряд образцов зеленого и кремового хлопкового волокна значимо выделялось по сумме органических кислот, свободных аминокислот, содержанию β -ситостерола, по общему количеству полиолов. Следует предположить, что волокно в силу высокого содержания органических кислот может рассматриваться как эффективный биологический антимикробный консервант, способный минимизировать микробную нагрузку, оптимально воздействовать на размножение *E. coli* и *Salmonella* spp. Азелаиновая кислота, обнаруженная в волокнах, может быть эффективным средством для противовоспалительных и антиоксидантных свойств, а также эффективным веществом для лечения поствоспалительной гиперпигментации. Благодаря высокому содержанию β -ситостерола волокно может использоваться для снижения токсичности металлов, минимизации бактериальных и грибковых инфекций, в качестве активного ингредиента для реализации антивозрастного эффекта, для усиления активности биохимических механизмов, способствующих сохранению влаги в накожных поверхностях. Благодаря высокому содержанию полиолов, которые обладают гидрофильными свойствами, такое волокно может использоваться для регулирования водного баланса кожи и защиты от высоких температур. Мы предполагаем, что повышенная концентрация фенолсодержащих соединений в ряде образцов изученного волокна может проявлять выраженные антимикробные, антимуtagenные свойства, обеспечивать защиту клеток кожных покровов от окислительного стресса, блокируя активность свободных радикалов.

Как показали наши исследования, содержание биологически активных веществ в волокне – полиолов, фитостеролов, фенольных соединений, сахаридов и т. д., довольно различается между образцами различных прядильных культур. Изменчивость концентраций вторичных метаболитов волокна предполагает возможность увеличения содержания того или иного вещества путем направленного отбора. Подбор исходного

материала и селекция могут быть направлены не только на улучшение физико-механических и геометрических характеристик волокна (длины, прочности и т. д.), но и на содержание биологически активных веществ в самом волокне.

ОБОСНОВАНИЕ ПАРАМЕТРОВ МОДЕЛИ СОРТА ФАСОЛИ ОБЫКНОВЕННОЙ ДЛЯ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ В ЮЖНОЙ ЛЕСОСТЕПИ ЗАПАДНОЙ СИБИРИ

Н. Г. Казыдуб, С. П. Кузьмина, Р. В. Чернов

Омский государственный аграрный университет имени П.А. Столыпина, Омск, Россия,
ng-kazydub@yandex.ru

JUSTIFICATION OF THE PARAMETERS OF THE MODEL COMMON BEAN CULTIVAR FOR USE IN THE SOUTHERN FOREST-STEPPE OF WESTERN SIBERIA

N. G. Kazydub, S. P. Kuzmina, R. V. Chernov

Omsk State Agrarian University named after P.A. Stolypin, Omsk, Russia,
ng-kazydub@yandex.ru

Фасоль обыкновенная – одна из самых востребованных продовольственных культур в мире. Для достижения высоких урожаев фасоли обыкновенной на единицу площади одним из наиболее эффективных методов является разработка и выращивание более продуктивных сортов, которые обеспечивают высокое качество зерна и адаптированы для условий Сибири. Природно-климатическое разнообразие региона, его суровые и изменчивые условия ставят перед сибирским сельским хозяйством серьезные задачи. Сибирский резко континентальный климат характеризуется значительной нестабильностью метеорологических факторов как по годам, так и в течение вегетационного периода.

Сорт – это устойчивая самовоспроизводящаяся популяция, обладающая потенциалом биологической продуктивности и адаптивности, что позволяет обеспечить необходимый уровень урожайности и качество продукции в конкретных условиях. Каждый селекционер стремится к максимальному выполнению всех требований к сорту. Однако нецелесообразно требовать от будущего сорта идеального сочетания всех признаков на высшем уровне.

Модель сорта – это научный прогноз, описывающий, каким должно быть растение и его отдельные признаки, чтобы в заданных условиях выращивания наилучшим образом удовлетворять требованиям производства. Процесс разработки агроэкологических моделей требует постоянного обновления, поскольку меняются требования к возделываемым культурам, появляются новые возможности для создания благоприятных условий, а наши знания о генетических и физиологических закономерностях онтогенеза растений углубляются.

Цель наших исследований состоит в изучении хозяйственно ценных признаков коллекционных образцов фасоли обыкновенной и выделении основных параметров, приближающих к созданию научной модели сорта для южной лесостепи Западной Сибири. Исследования по сортоизучению и созданию исходного материала фасоли проводились в Омском ГАУ с 1999 по 2023 годы на базе Учебно-опытного хозяйства Омского ГАУ. В экспериментах применялись агротехнические методы, общепринятые для выращивания фасоли обыкновенной в южной лесостепи Западной Сибири. Ежегодно для исследований использовалось более 100 образцов коллекции фасоли, включая гибриды и линии.

При моделировании параметров нового сорта фасоли для южной лесостепи Западной Сибири нами были учтены ключевые лимитирующие факторы – температура и влага, а также их распределение по фазам развития растений. В случае фасоли обыкновенной это особенно важно во время цветения и завязывания бобов. Использование сортов, полученных в других регионах, не всегда дает успешные результаты, так как сорта, выделенные в одной зоне и показывающие там высокую продуктивность, могут оказаться непригодными для других зон. Поэтому каждой зоне возделывания необходим свой

сортовой состав, адаптированный к местным почвенно-климатическим условиям и устойчивый к основным заболеваниям. Это требует тщательного подбора исходных форм и их оценки для дальнейшей селекции.

Для южной лесостепи Западной Сибири важны такие признаки, как пригодность к механизированной уборке, скороспелость, холодостойкость, а также высокое качество зерна. В ходе длительного изучения коллекционных образцов фасоли обыкновенной и анализа их признаков нами были разработаны элементы модели сортов зернового использования для условий южной лесостепи Западной Сибири. Такие сорта должны отвечать следующим требованиям: быть устойчивыми к биотическим и абиотическим факторам; обеспечивать стабильный высокий урожай; иметь кустовой тип с прямостоячей формой; формировать массу 1000 семян в пределах 280–350 г; обладать хорошей развариваемостью; иметь однотонную окраску семенной кожуры.

Предложенная модель сорта для южной лесостепи Западной Сибири была разработана на основе ранее изученного коллекционного материала и результатов корреляционного анализа. В качестве генетических источников рекомендуются образцы, выделенные в процессе изучения коллекции по ряду хозяйственно-биологических показателей. Нами были выделены образцы зерновой фасоли, которые стали основой для разработки модели сорта.

В южной лесостепи Западной Сибири климат позволяет выращивать фасоль с разным периодом созревания – от ранних до среднепоздних сортов. Потенциал продуктивности зерна раннеспелых форм составляет 1,5–2,0 т/га, а среднеспелых – 2,5–3,5 т/га. Создание скороспелых и среднеспелых форм с вегетационным периодом в среднем 80–90 суток, которым для формирования товарного урожая достаточно суммы активных температур 1450 °С, позволит распространить эту культуру в регионе.

Одним из ключевых факторов при районировании сорта фасоли в условиях южной лесостепи Западной Сибири является его продуктивность. По числу бобов с растения выделены образцы: Нерусса, Большой Змей, к-14615, Bomba THZ, Омская ранняя. По массе семян с растения – Нерусса, к-14615, Romano bush, Bomba THZ, Омская ранняя, Омичка. Для машинной уборки подходят сорта с детерминантным характером роста, компактным кустом, 4–5 узлами на главном стебле, высотой куста 40–50 см и прикреплением нижнего боба на высоте 12–14 см, выделены образцы: Физкультурница, Нерусса, Лукерья, Омичка. По симбиотической активности выделены такие образцы, как Большой Змей, Физкультурница, Нерусса, Омичка и Лукерья.

Основным препятствием для получения высоких урожаев фасоли являются болезни, особенно антракноз в дождливые годы. Исследования выявили высокоустойчивые к антракнозу образцы, среди которых Омская ранняя, Бело-коричневая, Большой Змей и Лукерья.

Химический состав зерна изменчив и зависит от вида, сорта и условий выращивания. Среди образцов с высоким содержанием белка и хорошей развариваемостью выделяются образцы Ока, Горналь, Омская ранняя, Физкультурница, Омичка и Лукерья.

Результаты оценки коллекции фасоли обыкновенной за годы исследований позволили выделить образцы, соответствующие разработанной нами модели сорта. Отбор образцов фасоли зернового использования начинался с оценки продолжительности вегетационного периода и далее проводился по всем остальным критериям. На каждом этапе отсеивались образцы, не соответствующие требованиям нашей модели сорта. По итогам анализа по комплексу признаков из коллекции были выделены следующие образцы: Омская ранняя, Физкультурница, Нерусса, Лукерья и Омичка. Эти образцы рекомендованы для дальнейшего использования в селекции как источники ценных признаков, максимально адаптированных к региональным условиям и обладающих высокой продуктивностью и технологичностью.

АНАЛИЗ РОДОВОГО СОСТАВА ЭУКАРИОТНОГО СООБЩЕСТВА НА ОСНОВЕ МЕТАГЕНОМНОГО АНАЛИЗА

А. А. Киселева, Н. Н. Шулико

Омский аграрный научный центр, Омск, Россия, veybender@anc55.ru

ANALYSIS OF THE GENERIC COMPOSITION OF THE EUKARYOTIC COMMUNITY BASED ON METAGENOMIC ANALYSIS

A. A. Kiselyova, N. N. Shuliko

Omsk Agricultural Scientific Center, Omsk, Russia, veybender @anc55.ru

Микробное сообщество является важнейшей составляющей почв. Микроорганизмы, входящие в микробоценоз – это активные агенты, выполняющие функции биодеструкции и биоремедиации почвенных соединений.

В превращениях, происходящих в почвах, основную роль играют бактерии и почвенные грибы. Применение способа высокопроизводительного секвенирования гена 16S рРНК позволяет расширить знания о таксономической структуре микробиома Западной Сибири.

На основе метагеномного анализа почвы исследован компонент микробиома (род микроскопических грибов лугово-черноземной среднемошной среднегумусной тяжелосуглинистой (г. Омск) и серой лесной оподзоленной среднемошной суглинистой почвы (г. Тара) на полях Омского АНЦ. Объектом исследования послужила ризосфера овса сорта Сибирский геркулес и пшеница сорта Тарская 12.

Инокуляцию семян проводили биопрепаратами из ВНИИСХМ г. Пушкин, Мизорин (*Arthrobacter mysorens* 7) и Флавобактерин (*Flavobacterium* sp. L-30) в день посева, из расчета 600 г на гектарную норму семян. Опыт заложен в 4-кратной повторности, на делянках площадью – 13,5 м², предшественник – пар. Обработка полученных данных, а именно, демультимплексирование образцов и удаление адаптеров, проводилась с помощью программного обеспечения компании Illumina (Illumina, США). Работа проводилась с использованием оборудования ЦКП «Геномные технологии, протеомика и клеточная биология» ФГБНУ ВНИИСХМ.

Целью исследований было установление структуры родового состава эукариотного ризосферы культур в двух почвенно-климатических зонах, путем метагеномного анализа участков гена 16S рРНК.

Филогенетический анализ почвенных грибов на основе анализа последовательностей генов ITS выявил основные роды, заселяющие ризосферу зерновых: *Giberella* (6,9 %), *Mortierella* (6,6 %), *Cladosporium* (3,8 %), *Phizopus* (3,3 %), *Fusarium* (3,1 %).

Микромицеты рода *Gibberella* являются телеоморфной стадией грибов *Fusarium*. В составе микробиома их количество составило 6,9 %. В ризосфере овса на лугово-черноземной почве исходная численность варьировала от 7,1 % до 26,7 % без существенных изменений по вариантам опыта. Аналогичная ситуация у пшеницы на серой лесной почве. Бактеризация семян несколько снижала численность тестируемой группы.

Нитчатый гриб, способный вырабатывать липиды, является регулятором роста, разлагателем целлюлозы и хитина – *Mortierella* и занимает в ризосфере 6,6 %. Он растет на территориях богатых питательными веществами. Именно поэтому в ризосфере лугово-черноземной почвы биопрепараты проявили стимулирующее воздействие, при инокуляции Флавобактерином отмечено увеличение практически в 2 раза в сравнении с контролем.

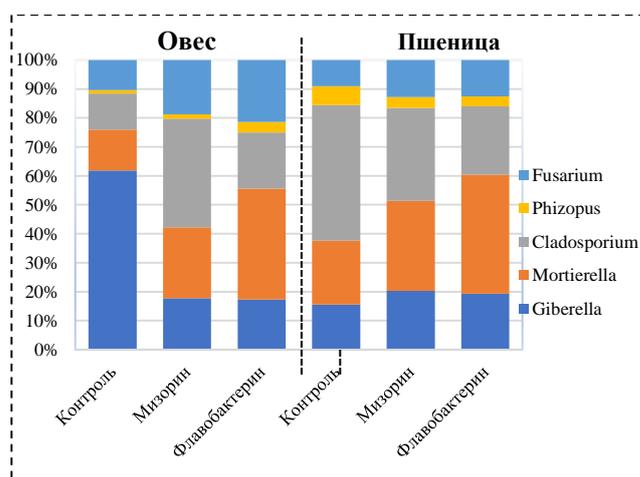


Рис. 1. Таксономическая структура эукариотных сообществ при инокуляции, в условиях южной лесостепной зоны, 2023 г.

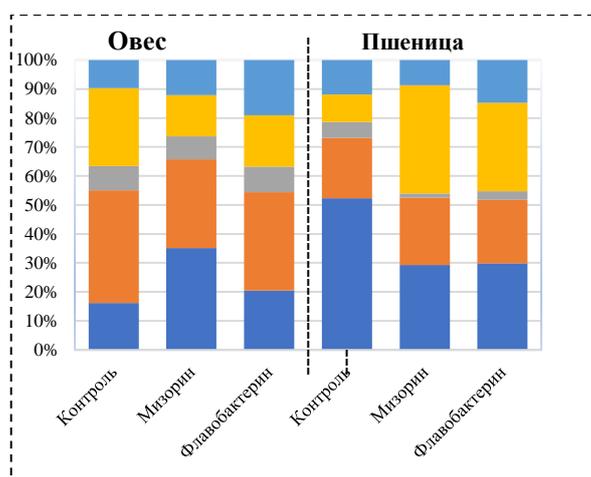


Рис. 2. Таксономическая структура эукариотных сообществ при инокуляции, в условиях подтаежной зоны, 2023 г.

Компонент микробиома *Cladosporium* характеризуется темноокрашенным мицелием, обитает в почве, преимущественно на растительных остатках, их много в лесной подстилке, которую они разлагают. Большинство видов – сапротрофы, некоторые – паразиты, вызывающие бурую пятнистость, или кладоспориоз. По результатам исследований, общий процент представителя рода *Cladosporium* составил 3,8 % в таксономической структуре микробиома изучаемых почв. В ризосфере культур на лугово-черноземной почве наблюдали выраженную тенденцию снижения представителей этого рода от контрольного варианта 1,6–21,4 % к вариантам с применением бактеризации Флавобактерином семян пшеницы 0,9–10,9 %. В ризосфере культур на серой лесной почве процент грибов рода *Cladosporium* был существенно ниже и составлял 0,5–2,8 %, биопрепараты оказывали ингибирующее воздействие (0,1–1,6 %).

В составе изучаемого микробиома ризосферы *Fusarium* составил 3,1 %. Они являются патогенами и вызывают заболевания корней зерновых культур (корневая гниль). На серой лесной почве установлено фунгицидное воздействие препаратов в посевах пшеницы, в варианте Мизорин варьирование составило от 0,9 до 5,8 %, Флавобактерин – 1,3–3,6, при уровне на контроле 3,3–6,0 %. В других вариантах опыта существенных изменений не выявлено.

Биологические препараты, активизировали процессы метаболизма растений, в результате чего увеличивалось количество корневых эксудатов (моносахаридов), которыми питается грибок рода *Rhizopus*, ввиду чего процент его существенен – 3,3 %. Размножение этого гриба вызывает заболевание «серая головчатая плесень». В нашем опыте ярко выражено изменение его от изучаемого агроприема на менее плодородной серой лесной почве. В ризосфере контрольного варианта пшеницы варьирование составило 1,3–6,0 %, при применении Мизорина 0,5–4,7 %; на овсе предпосевная обработка семян этим препаратом способствовала снижению данного рода до 0,8–6,4 % (при уровне на контроле 1,1–13,8 %). В условиях южной лесостепи существенных изменений от изучаемого приема выявить не удалось.

Таким образом, по результатам метагеномного анализа, на грибной микробиом ризосферы пшеницы оказало положительный эффект применение биопрепаратов ассоциативной азотфиксации на лугово-черноземной почве. По результатам высокопроизводительного секвенирования в прикорневой зоне доминировали представители рода *Giberella* (6,9 %).

Исследование выполнено за счет гранта Российского научного фонда № 23-76-10064, <https://rscf.ru/project/23-76-10064/>

РОЛЬ ЖАСМОНАТОВ В ПОДДЕРЖАНИИ СТАБИЛЬНОСТИ ТИПА РОСТА ВИГНЫ В УСЛОВИЯХ ПОВЫШЕННОЙ ВЛАЖНОСТИ ВОЗДУХА

Е. А. Крылова, М. О. Бурляева, Е. К. Хлесткина

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

THE ROLE OF JASMONATES IN MAINTAINING THE GROWTH TYPE STABILITY IN COWPEA UNDER HIGH AIR HUMIDITY CONDITIONS

E. A. Krylova, M. O. Burlyueva, E. K. Khlestkina

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

Вигна (*Vigna unguiculata* (L.) Walp.) является перспективной культурой для промышленного возделывания на Дальнем Востоке. Ранее было отмечено изменение архитектоники растений при испытании сортов вигны при повышенной влажности воздуха. В условиях муссонного климата на юге Дальнего Востока Российской Федерации растения утрачивали свойство компактности, свойственное им при выращивании в Астраханской области, в регионе с сухим и жарким климатом. В связи с этим актуальной задачей является поиск генов-кандидатов, участвующих в поддержании стабильности типа роста стебля вигны при повышенной влажности воздуха. Образцы для сравнительного транскриптомного исследования были отобраны на основе результатов проведенной одновременной комплексной оценки образцов в условиях Астраханской области, Приморского и Краснодарского краев. На основе сравнительного RNA-seq-анализа четырех образцов вигны, контрастных по типу роста и выращиваемых в контролируемых условиях, контрастных по влажности воздуха, были выявлены дифференциально экспрессирующиеся гены. В условиях избыточного увлажнения наблюдалось изменение уровня экспрессии многих генов, связанных с процессами биосинтеза, метаболизма и сигналинга фитогормонов. Только у растений сорта Лянчихе (к-2056), который характеризуется стабильной архитектоникой вне зависимости от насыщенности воздуха влагой, было детектировано снижение уровня экспрессии жасмонат-зависимых генов. ДЭГ, связанные с метаболизмом и сигналингом жасмоновой кислоты, вероятно, играют ключевую роль в поддержании компактной архитектоники куста в условиях муссонного климата.

Исследование выполнено при финансовой поддержке проекта РНФ № 21-66-00012.

СЕЛЕКЦИОННАЯ СХЕМА ПОЛУЧЕНИЯ ПИВОВАРЕННЫХ ЛИНИЙ ЯЧМЕНЯ НА СИБИРСКИХ СОРТАХ *HORDEUM VULGARE* L.

Т. В. Кукоева^{1,2}, А. И. Стасюк^{1,2}, Н. В. Трубачеева^{1,2}, И. В. Тоцкий¹,
Ю. Н. Григорьев^{1,2}, О. Ю. Шоева^{1,2}, Е. А. Салина^{1,2}

¹ Федеральное исследовательское учреждение Институт цитологии и генетики Сибирского
отделения Российской академии наук (ИЦиГ СО РАН), Новосибирск, Россия,
kukoeva@bionet.nsc.ru

² Федеральное исследовательское учреждение Институт цитологии и генетики Сибирского
отделения Российской академии наук (ИЦиГ СО РАН), Курчатовский геномный центр –
филиал ИЦиГ СО РАН, Новосибирск, Россия

BREEDING SCHEME FOR OBTAINING MALT BARLEY LINES ON THE BASIS OF SIBERIAN CULTIVARS OF *HORDEUM VULGARE* L.

T. V. Kukoeva^{1,2}, A. I. Stasyuk^{1,2}, N. V. Thubacheeva^{1,2}, I. V. Totsky¹, Yu. N. Grigoriev^{1,2},
O. Yu. Shoeva^{1,2}, E. A. Salina^{1,2}

¹ Institute of Cytology and Genetics, Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences
(IC&G SB RAS), Novosibirsk, Russia, kukoeva@bionet.nsc.ru

² Institute of Cytology and Genetics, Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences
(IC&G SB RAS), Kurchatov Genomic Center – branch of the IC&G SB RAS, Novosibirsk,
Russia

Ячмень – универсальная культура, как по широте распространения, так и по ее использованию. В зерне содержится в среднем 12,0 % белка, 5,5 % клетчатки, 64,6 % безазотистых экстрактивных веществ, 2,1 % жира, 13 % воды, 2,8 % золы. Ячмень значительное место занимает как зернофуражная культура (на корм скоту), используется как продовольственная культура (выпечка хлеба, лепешек, с добавлением 30 % ячменной муки к ржаной и пшеничной). Производственное значение ячменя заключается в приготовлении ячневой и перловой крупы.

Крупный потребитель ячменя – пивоваренная промышленность. Широкое применение нашли вытяжки ячменного солода (мальц-экстракт). Качество солода в основном определяется оптимальными значениями его экстрактивности, диастатической силы, вязкости, содержания β- глюкоана в сусле, индекса Кольбаха, содержания свободного азота, растворимого белка и белка в зерне. Ячмень является незаменимым сырьем для производства высококачественного пива. Основные требования, предъявляемые к пивоваренному ячменю, включают следующие показатели: жизнеспособность – 95 %; крупность – 80 %; крахмал – 7–8 %; пленчатость 8–10 %; белок – не более 12 %. Хороший пивоваренный ячмень имеет светло-желтый блестящий цвет, не имеет примесей сорняков и битого зерна. Также стал проявляться большой интерес к присутствию и количеству таких флавоноидных соединений, как проантоцианидины, поскольку изготовленное из свободного от проантоцианидина ячменного солода пиво не требует стабилизации против помутнения.

Пивоваренные качества ячменя относятся к сложным количественным признакам и имеют полигенный контроль, в связи с чем изучение их с применением традиционных методов затруднено. Привлечение молекулярных маркеров позволяет значительно расширить возможности по хромосомной локализации генов и локусов количественных признаков (QTL-quantitative trait loci), детерминирующих признаки качества солода, и обеспечить селекционный процесс эффективным инструментом для ускоренного и направленного отбора растений (маркер-опосредованная селекция). Гены или QTL, контролирующие пивоваренные признаки, были идентифицированы на всех семи хромосомах ячменя, но большинство из них выявлены на хромосомах 1Н, 4Н, 5Н и 7Н.

Исходя из этих показателей, была поставлена задача получить с помощью маркер-ориентированной селекции и отбору по содержанию белка линии ячменя с более низким содержанием белка на двух сибирских сортах Сигнал и Ача, а на сортах Алей, Танай, Ворсинский2, получить линии, не накапливающие проантоцианидины в зерне.

Все растения выращивались в теплицах ИЦиГ СО РАН и на полевых участках ИЦиГ СО РАН и полях СибНИИРС – филиал ИЦиГ СО РАН.

Для получения линий с низким содержанием белка в качестве материнских форм были взяты низкобелковые пивоваренные сорта ячменя зарубежной селекции: Экспоер, Эйфель (Франция); ЗуЗаза, ЗуСурен (Германия); Лауреатте (Швейцария). В качестве отцовских форм использовались два Сибирских сорта Сигнал и Ача. Было изучено 22 маркера. Выделили 4 полиморфных маркера, дающие возможность на скрещиваниях с сортами Экспоер и Лауреатте в популяциях делать отбор по качественным признакам: сила диастаза, содержание белка в зерне, активность β -амилазы.

Первые скрещивания были проведены весной 2020 года в гидропонных теплицах. Осенью 2020 году отобранные с помощью маркеров растения F_1 бэккроссировали на рекуррентные сорта Сигнал и Ача. После бэккроссирования все скрещивания доводились до F_2 популяций, высевалось до 200 растений от каждого скрещивания, проводилось выделение ДНК, которая использовалась для отбора маркерами, а в дальнейшем проводилось измерение содержания белка каждого растения на инфракрасном экспресс анализаторе зерна Omega Analyzer G. Отбирались растения с наименьшим содержанием белка (от 10–12 %). Весь отбор повторялся в F_3 . В популяциях F_4 и F_5 отбор проводился по содержанию белка, и отобранные растения передавались в питомники СП1 и СП2. На данный момент в СП2 проведен отбор в F_6BC_1 скрещиваниях Лауреатте \times Сигнал \times Сигнал, Лауреатте \times Ачу \times Ачу, Экспоер \times Сигнал \times Сигнал. Готовятся к передаче, после отбора по белку, в СП2 семена F_5BC_1 ЗуЗаза \times Сигнал \times Сигнал, ЗуЗаза \times Ачу \times Ачу, Эйфель \times Сигнал \times Сигнал, Эйфель \times Ачу \times Ачу.

Селекцию беспроантоцианидиновых линий ячменя проводили в несколько этапов. В качестве исходных образцов были выбраны сорта Алей, Ворсинский2 и Танай, возделываемые в Новосибирской области, и беспроантоцианидиновая мутантная линия ant 28.2131 (NGB13712, NordGen), несущая мутацию в гене R2R3-MYB, контролирующем синтез проантоцианидинов в зерне ячменя. С помощью селекционной схемы, включающей однократный беккросс с рекуррентными родителями, и отбора с помощью CASP-маркера, разработанного к гену Ant28, в поколении F_2 были отобраны беспроантоцианидиновые гибриды ячменя. Дополнительно эти растения были верифицированы с помощью качественного анализа на проантоцианидины, который проводили, помещая зерна на 8 часов в 1 н. раствор NaOH с 0,01 % TritonX. Окрашивание зерна в коричневый цвет свидетельствовало о наличии проантоцианидинов. Отобранные беспроантоцианидиновые гибридные растения F_3 бэккроссировали на рекуррентный сорт. Среди полученных растений BC_1F_2 также отбирали беспроантоцианидиновые образцы. На этапе BC_1F_3 проводили полевое тестирование отобранных образцов по ряду хозяйственных признаков: общая кустистость, продуктивная кустистость, высота растения, длина остей, длина главного колоса, плотность колоса, количество и масса зерен в главном колосе, количество и масса зерен со всего растения. На основе полученных данных в каждой комбинации скрещивания были отобраны перспективные образцы растений для последующего тестирования в СП1 и СП2 питомниках и оценки качества зерна. В 2023 году в СП1 питомнике было отобрано 7 перспективных линий на сорте Танай. В настоящий момент в СП1 проходят полевое тестирование линии, полученные на сортах Алей и Ворсинский2.

Работа выполнена в рамках проекта Минобрнауки «Курчатовский центр геномных исследований мирового уровня» № 075-15-2019-1662.

БИОЛОГИЧЕСКИ АКТИВНЫЕ ВЕЩЕСТВА ПРЯНО-АРОМАТИЧЕСКИХ И ЛЕКАРСТВЕННЫХ РАСТЕНИЙ КОЛЛЕКЦИИ ВИР

А. Б. Курина, А. Е. Соловьева

Федеральный исследовательский центр Всероссийский институт генетических ресурсов растений имени Н.И. Вавилова (ВИР), Санкт-Петербург, Россия, a.kurina@vir.nw.ru

BIOACTIVE COMPOUNDS IN MEDICINAL AND AROMATIC PLANTS FROM THE VIR COLLECTION

A. B. Kurina, A. E. Solovyeva

N.I. Vavilov All-Russian Institute of Plant Genetic Resources (VIR), St. Petersburg, Russia, a.kurina@vir.nw.ru

Лекарственные и пряно-вкусовые растения издавна используются в различных областях жизнедеятельности человека – в кулинарии, производстве продуктов питания, косметики и парфюмерии, в традиционной и народной медицине. Биологическая ценность растительного сырья определяется содержанием широкого спектра биологически активных веществ, таких как витамины, фенольные соединения, эфирные масла и гликозиды. В последние десятилетия возник активный интерес к исследованию пряно-ароматических и лекарственных растений. Эти растения, являясь природным источником лекарственного сырья, имеют хозяйственную ценность для отечественной сырьевой базы. Отечественная и зарубежная фармакопеи насчитывают сотни лекарственных средств на основе природного растительного сырья. Расширение ассортимента лекарственных и пряно-ароматических растений позволит снизить объемы импортной продукции. Создание новых сортов пряно-вкусовых и лекарственных растений расширит ассортимент сельскохозяйственных культур, что особенно актуально в последнее время в рамках выполнения Государственной программы по импортозамещению натуральных эфирных масел и качественного лекарственного сырья.

Мировая коллекция ВИР пряно-ароматических и лекарственных растений включает 4900 образцов, которые представлены 122 родами, 206 видами, подвидами, местными формами, сортами и гибридами, относящимися к 16 семействам.

Цель нашего исследования заключалась в изучении спектра биологически активных веществ у культур рода *Ocimum* L., *Lepidium* L., *Eruca* L. и *Cicorium* L.

Материалом исследования послужили образцы базилика (50 обр.), кресс-салата (70 обр.), руколы (30 обр.) и цикория корневого (8 обр.) коллекции ВИР. Исследования проводились в период 2020–2023 гг. в условиях открытого и защищенного грунта. Биохимический анализ проводили в лаборатории биохимии и молекулярной биологии ВИР. Анализ и обработку материала осуществляли по методике ВИР. Аскорбиновая кислота определялась методом титрования реактивом Тильманса. Каротиноиды и хлорофиллы выделяли с использованием 100 % ацетона, а их поглощение измеряли на спектрофотометре Ultrospec II при разных длинах волн (нм): 645, 662 для хлорофиллов *a* и *b*, 440 – для каротиноидов, 454 – для каротинов (общее содержание каротинов определяли методом бумажной хроматографии), 454 – для β-каротина. Бетанины экстрагировали с использованием 2 % муравьиной кислоты, поглощение измеряли на спектрофотометре при длинах волн: 542 нм – для бетацианинов и 480 нм – бетаксантинов. Определение содержания сахаров (моносахаридов, дисахаридов и инулина) проводилось по методу Бертрана.

В результате биохимического анализа определены пределы изменчивости содержания аскорбиновой кислоты, пигментов и сахаров у различных культур. Так, образцы базилика характеризовались содержанием аскорбиновой кислоты в пределах 14,8–62,0 мг/100 г (CV = 38 %), суммы хлорофиллов – 55,4–161,3 мг/100 г (CV = 25,8 %), β-

каротина – 2,9–7,6 мг/100 г и антоцианов – 5,79–5497,71 мг/100 г. Выявлены образцы базилика с высоким содержанием аскорбиновой кислоты – Местные образцы из Азербайджана (к-61), Грузии (к-58) и Армении (вр.521 и вр.522). Высокое содержание антоцианов (более 2000 мг/100 г) отмечено у местных образцов с фиолетовой окраской из Армении (вр.521, вр.522 и вр.524) и у образца Опал краснолиственный из России (вр.428); высокое содержание хлорофиллов выявлено у образцов с зеленой окраской листьев из России (вр.355, Бархат) и Китая (к-105); по содержанию каротиноидов выделились образцы из России (вр.355, Бархат) и Абхазии (к-91, Местный); по содержанию каротинов и β-каротина – образец из Ирана (вр.397). Высокое содержание всех пигментов выявлено у одного образца из Испании (к-157) с зеленой окраской листьев.

Определены пределы изменчивости содержания аскорбиновой кислоты (12,8–64,8 мг/100 г), хлорофиллов (56,5–124,5 мг/100 г), каротиноидов (12,1–24,9 мг/100 г), каротинов (2,3–8,8 мг/100 г) у образцов кресс-салата в условиях открытого и защищенного грунта и светокультуры. Из всех условий выращивания наибольшее содержание аскорбиновой кислоты наблюдалось в условиях защищенного грунта. По содержанию аскорбиновой кислоты выделились следующие образцы: Cressona le noir (к-85, Франция) (61,2 мг/100 г), Местный образец из Ирана (к-92) (64,8 мг/100 г) и Fine Curled (к-27, Канада) (63,36 мг/100 г). Выявлено, что наибольшее количество хлорофиллов, антоцианов и каротинов накапливается в условиях светокультуры, но при этом содержание β-каротина в светокультуре ниже, чем в других условиях. Общее содержание каротиноидов было наибольшим в условиях открытого грунта и наименьшим в весенней теплице.

Определены пределы изменчивости содержания аскорбиновой кислоты (14,16–62,0 мг/100 г), хлорофиллов (37,1–110,1 мг/100 г), каротиноидов (14,3–31,1 мг/100 г), каротинов (3,7–9,5 мг/100 г) у образцов руколы при выращивании в открытом грунте и светокультуре. По содержанию аскорбиновой кислоты выделились образец из Великобритании (к-5) и Аромат (вр. 37, Россия). Наибольшее содержание хлорофиллов и общих каротиноидов при выращивании в условиях открытого грунта выявлено у образца из Франции (к-8), каротинов и β-каротина у образца Сицилия из России (к-10) у образца Оливетта из России (к-22).

В 2022 году изучено 12 образцов цикория корневого на содержание аскорбиновой кислоты, сахаров, включая инулин. Содержание аскорбиновой кислоты – 12,9–18,7 мг/100 г, суммы сахаров – 7,5–14,9 %. Высокое содержание аскорбиновой кислоты (более 16 мг/100 г) выявлено у образцов из Франции (Cassel, вр.34) и Польши (Поляновицка, к-18). По содержанию моносахаридов выделился образец Подлуга куявска (к-14, Польша) – 1,6 %, высоким содержанием дисахаридов характеризовался образец Kaffeezichorie (к-20, Австрия) – 6,1 %, по содержанию инулина выделилось два образца – Поляновицка (к-18, Польша) и Bilogorka Os-2 (к-16, Югославия) с содержанием 12,2 и 12,9 % соответственно. По суммарному содержанию сахаров выделились образцы Kaffeezichorie (к-20, Австрия) – 15,0 % и Слезский (к-6, Чехословакия) – 14,4 %.

Таким образом, в результате проведенных биохимических исследований определены пределы изменчивости аскорбиновой кислоты, пигментов и сахаров у кресс-салата, руколы, цикория корневого и базилика, и выделены образцы с высоким накоплением БАВ.

БИОМАРКЕРЫ АЛЮМОТОЛЕРАНТНОСТИ У ЗИМОСТОЙКИХ ФОРМ *TRITICUM AESTIVUM* L. ИЗ КОЛЛЕКЦИИ ВИР

Н. С. Лысенко¹, Л. Л. Малышев¹, Р. К. Пузанский², Т. В. Шеленга¹

¹ Федеральный исследовательский центр Всероссийский институт генетических ресурсов растений имени Н.И. Вавилова (ВИР), Санкт-Петербург, Россия, n.lysenko@vir.nw.ru

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

BIOMARKERS FOR ALUMINUM TOLERANCE IN WINTER-HARDY FORMS OF *TRITICUM AESTIVUM* L. FROM THE VIR COLLECTION

N. S. Lysenko¹, L. L. Malyshev¹, R. K. Puzansky², T. V. Shelenga¹

¹ N.I. Vavilov All-Russian Institute of Plant Genetic Resources (VIR), St. Petersburg, Russia, n.lysenko@vir.nw.ru

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

Кислые почвы составляют около 50 % от всех посевных угодий мира, что ограничивает производство возделываемых культур. Площадь сельскохозяйственных угодий с повышенной кислотностью ежегодно увеличивается, в России она составляет примерно 30 %. В кислых почвах ионы алюминия (Al^{3+}) – основной стрессор для растений, в том числе для пшеницы, которая считается одним из основных и экономически значимых продуктов питания. Большинство устойчивых к Al^{3+} генотипов представлено гексаплоидными видами пшениц с геномом D, к которым относится *Triticum aestivum* L. Отличительная черта озимой мягкой пшеницы заключается в сочетании устойчивости к низким температурам с хорошими хлебопекарными качествами муки. С учетом этого поиск алюмотолерантных форм *T. aestivum* и выявление признаков, связанных с алюмотолерантностью, которые могли бы послужить ее биомаркерами при селекции, остаются актуальной задачей.

Цель работы – методом неспецифического метаболомного профилирования с применением газовой хроматографии, сопряженной с масс-спектрометрией, выявить биомаркеры алюмоустойчивости у зимостойких образцов *T. aestivum*. В исследовании использовали 20 зимостойких образцов *T. aestivum*, разного эколого-географического происхождения, из коллекции ВИР. Проростки получали из семян (от 16 до 35 шт. каждого образца в каждом варианте опыта) разных лет репродукции в вегетационном опыте (2019 год) в условиях Пушкинских лабораторий ВИР согласно методике.

Лабораторную оценку зародышевых корешков на чувствительность к ионам Al^{3+} проводили по методу A. Aniol в модификации без добавления эриохромцианинового красителя в среду. Алюмовосприимчивость у образцов определяли на ранних этапах развития растений по отрастанию корней после повреждения. Степень чувствительности образцов к токсическому воздействию ионов алюминия определяли по разнице средних значений длин корешков 7-суточных проростков в опыте и контроле. МП анализировали в тканях корешков 7-суточных проростков.

По чувствительности корешков проростков *T. aestivum* к ионам алюминия образцы в нашем опыте разделились на три группы. Первая группа включала 2 образца с наименьшей разницей между опытом и контролем по длине корешков (2,2–3,0 см) и низкой чувствительностью к Al^{3+} , вторая – 13 образцов со средней величиной разницы (3,1–3,9 см) и средней чувствительностью к Al^{3+} , третья – 5 образцов с максимальной разницей (4,0–4,5 см) и высокой чувствительностью к Al^{3+} . Дисперсионный анализ разницы в длине корешка у 7-суточных зимостойких проростков пшеницы в присутствии и в отсутствие Al^{3+} (соответственно опыт и контроль) и массы корешков показал, что на распределение образцов по группам устойчивости к Al^{3+} достоверно влияет только разница

длин корешков между опытом и контролем ($F = 68,68$; $p = 0,05$); влияние массы корешков было недостоверным ($F = 0,17$; $p = 0,847$). По результатам неспецифического метаболомного профилирования у образцов из разных групп устойчивости к Al^{3+} мы выявили в МП около 500 пиков. Почти 250 веществ было идентифицировано до класса, 120 – до конечного соединения (рисунок). Идентифицированные вещества были разделены на 19 основных групп.

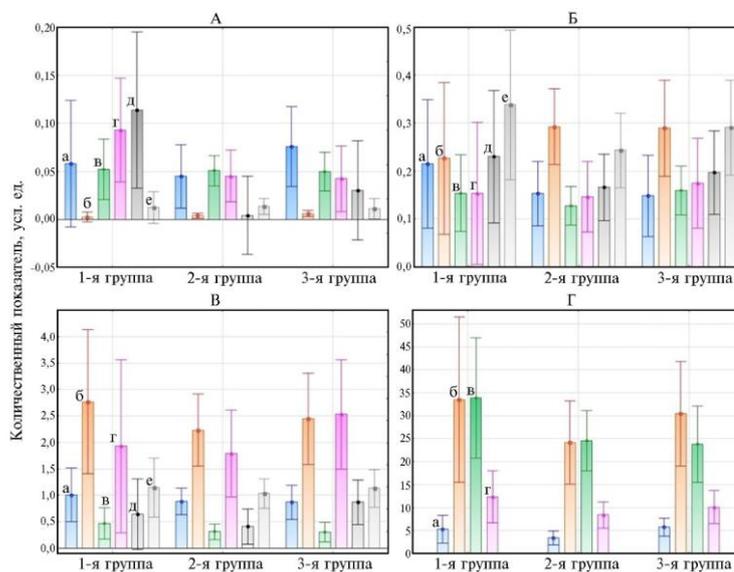


Рисунок. Соединения, выявленные в МП корешков у 7-суточных зимостойких проростков *Triticum aestivum* L. (коллекция ВИР) из групп с разной чувствительностью к ионам алюминия:

А – пиридины (а), циклический амид (б), алканы (в), триозы (г), терпены (д), амины и амиды (е);

Б – лактоны (а), производные (эферы органических кислот и фосфорной кислоты) (б), моноацилглицеролы (г), пентозы (д), фенолсодержащие соединения (е);

В – полиолы и их производные (а), свободные жирные кислоты и их производные (б), нуклеозиды (в), свободные аминокислоты (г), производные моносахаров (д), фитостеролы (е);

Г – органические кислоты (а), гексозы (б), олигосахара (в), неидентифицированные компоненты (г). Измерения выполнены в 3 аналитических повторностях.

В МП генотипов с низкой чувствительностью к Al^{3+} были представлены полиолы, нуклеозиды, лактонные формы органических кислот, свободные жирные кислоты и их производные, триозы, пентозы, гексозы, олигосахара, фенолсодержащие вещества, терпены, фитостеролы. Воздействие стрессора, предположительно, вызывает изменения в цикле Кребса, синтезе углеводов, растительных гормонов, других защитных факторов, глицеролипидов и триглицеридов мембранного комплекса. Классический дискриминантный анализ с последующим каноническим корреляционным анализом позволил выделить 11 компонентов со 100 % достоверностью разделяющих образцы *T. aestivum* с разной степенью алюмотолерантности. Наиболее информативно значимыми факторами, характеризующими устойчивые формы *T. aestivum*, оказались фосфорная, яблочная, янтарная кислоты, четырехатомный ($RI = 1537$) и пятиатомный ($RI = 1735$) спирты, метиловый эфир линолевой кислоты, которые можно рассматривать как статистически подтвержденные маркеры алюмоустойчивости ($p < 0,05$). С помощью установленных биомаркеров может осуществляться поиск форм, устойчивых к Al^{3+} , для использования при селекции адаптированных к производству в условиях Северо-Запада России высокопродуктивных сортов *T. aestivum* с комплексной устойчивостью к стрессорам.

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.

АДАПТИВНАЯ РЕАКЦИЯ СОРТООБРАЗЦОВ ЯРОВОГО ЯЧМЕНЯ КОЛЛЕКЦИИ ВИР (САНКТ-ПЕТЕРБУРГ) В УСЛОВИЯХ СРЕДНЕГО УРАЛА

Р. А. Максимов

Уральский федеральный аграрный научно-исследовательский центр Уральского отделения Российской академии наук (УрФАНИЦ УрО РАН), Уральский научно-исследовательский институт сельского хозяйства – филиал УрФАНИЦ УрО РАН, Красноуфимский селекционный центр, Красноуфимск, Россия, selektsiya@bk.ru

ADAPTIVE REACTION OF SPRING BARLEY CULTIVARS FROM THE VIR COLLECTION (ST. PETERSBURG) UNDER THE CONDITIONS OF THE MIDDLE URALS

R. A. Maximov

Ural Federal Agrarian Research Center of the Ural Branch of the Russian Academy of Sciences (UrFARC UrB RAS), Ural Research Institute of Agriculture –branch of the UrFARC UrB RAS, KrasnoufimskBreeding Center, Krasnoufimsk, Russia, selektsiya@bk.ru

Исследование адаптивных характеристик коллекции ячменя в Красноуфимском селекционном центре проводится с 1972 года. До настоящего времени общее количество проанализированного генетического материала ячменя составляет свыше 2,8 тыс. сортобразцов отечественной и зарубежной селекции. За полувековой период изучения генетической коллекции ВИР в нашем учреждении синтезировано около 40 новых высокоадаптивных сортобразцов, которые пополнили генетическую коллекцию ВИР (г. Санкт-Петербург). Для выделения наиболее перспективного исходного селекционного материала в последние годы применяется новый метод оценки адаптивных характеристик на основе аддитивной математической модели, разработанный исследователями нашего учреждения в 2021 г. Новизна метода оценки исходного генетического материала представляется в возможности фиксации адаптивных характеристик в различные периоды роста и развития растений, с учетом аддитивного взаимодействия количественных признаков при формировании биологической урожайности. По результатам оценки исходного селекционного материала ярового ячменя за последние 14 лет (2011–2024 гг.) из более чем 300 сортобразцов, первоначальный скрининг по А. В. Кильчевскому и Л. В. Хотылевой (1985) выявил 10 наиболее высокоадаптивных ($OAC_i - 0,24...0,50$ т/га) и ценных в селекционном отношении ($СЦГ_i - 2,50...4,21$) генотипов ячменя: Пивденный (Ставропольский кр.), Велес (Белгородская обл.), Приазовский 9 (Ростовская обл.), Aut 148 (Дания), График (США), Раушан (Московская обл.), Беркут (Самарская обл.), Ворсинский (Алтайский кр.), Криничный (Ленинградская обл.), Абава (Латвия). Анализ динамики адаптивных характеристик в течении роста и развития растений определил для лидеров три генетические системы адаптации к экологическим условиям Среднего Урала: 1) генетически обусловленная средовая устойчивость на протяжении всего вегетационного периода (Ворсинский – $\sigma_{CAC_{ki}} - 0,40...0,55$ и Aut 148 – $\sigma_{CAC_{ki}} - 0,55...0,77$); 2) средовая устойчивость (Криничный – $\sigma_{CAC_{2i}} - 0,74$) и высокая общая адаптивная способность (Криничный – $ВПА_{2i} - 0,73$ т/га) в период формирования числа зерен в колосе; 3) положительная и относительно высокая общая адаптивная способность на протяжении всего вегетационного периода (Раушан – $ВПА_{ki} - 0,07...0,22$ т/га; Велес – $ВПА_{ki} - 0,08...0,21$ т/га). Комплексный подход по выявлению адаптивной реакции исходного материала на протяжении роста и развития растений позволит в ближайшей перспективе создать новый принцип подбора родительских форм для проведения гибридизации.

ПРИМЕНЕНИЕ БИК-СПЕКТРОМЕТРИИ ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ОСНОВНЫХ БИОХИМИЧЕСКИХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ КАЧЕСТВА У ЗЕРНОБОБОВЫХ И МАСЛИЧНЫХ КУЛЬТУР

В. С. Попов, Т. В. Шеленга, В. И. Хорева, И. Н. Перчук, А. Е. Соловьева, А. В. Саликова, Н. Г. Конькова

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

APPLICATION OF NIR SPECTROMETRY TO MEASURE THE BASIC BIOCHEMICAL QUALITY INDICATORS IN LEGUMES AND OIL CROPS

V. S. Popov, T. V. Shelenga, V. I. Khoreva, I. N. Perchuk, A. E. Solovyeva, A. V. Salikova, N. G. Kon'kova

N.I. Vavilov All-Russian Institute of Plant Genetic Resources (VIR), St. Petersburg, Russia, v.popov@vir.nw.ru

Одним из наиболее перспективных и информативных является метод ближней инфракрасной спектроскопии (БИК-спектроскопии), впервые примененный в зерновой промышленности в 1960-х годах. Метод позволяет в экспресс режиме проводить разнообразные исследования по биохимическим признакам больших объемов коллекционного материала и в дальнейшем выделять образцы с наиболее ценными свойствами для применения в пищевой и кормовой промышленности. Метод основан на получении индивидуальной ИК-спектральной характеристики образца. Спектр образуется после выполнения специальных математических расчетов интерферограммы (обратное преобразование Фурье) и в дальнейшем сопоставляется с данными, полученными традиционными химическими методами, что выражается в структуре новой калибровочной модели, которую можно использовать для экспресс-оценки качества той или иной культуры.

Для построения градуировочных моделей использовали образцы, различные по своему происхождению, месту и году репродукции. Это позволяет получить модели с наиболее широким охватом разнообразного материала. Спектры образцов регистрировались с помощью «Фурье-спектрометра MATRIX-I» фирмы «Bruker Optik GmbH» (Германия) в трех повторностях (навеска 25-30 г) в диапазоне 0,780÷2,500 мкм в соответствии с руководством к спектрометру MATRIX-I, используя зерновой или мучной модуль (кювета диаметром 51 мм). Мучной модуль применим для крупных или неоднородных по своей структуре образцов (чужа, бобы, фасоль и др.).

После сопоставления данных, полученных химическими методами, и их спектрами и последующей математической обработкой с помощью программного обеспечения спектрометра OPUS Software построены градуировочные модели по определению содержания белка, масла, крахмала, бета-глюканов и других показателей. Для проведения химических анализов зерно измельчали до размера частиц 10 мкм, используя лабораторную дисковую мельницу. Содержание белка определяли по методу Кьельдаля, на приборе UDK 159 Velp Scientifica (Италия); масла – по массе сухого обезжиренного остатка в аппарате Сокслета, применяя в качестве растворителя петролейный эфир (40–70 °С); крахмала – по Эверсу с помощью автоматического поляриметра SAC-i (ATAGO, Япония); сухого вещества – воздушно-тепловым методом по ГОСТ 9404-88.

Образцы для моделей исследовали при их фактической влажности. На этапе разработки моделей с помощью программного обеспечения OPUS партию образцов, выбранных для построения калибровочных, разделяли поровну – калибровочную и тестовую часть. В ходе построения модели по разным алгоритмам просчитывались спектры по калибровочным образцам с проверкой их на тестовых образцах.

В процессе разработки моделей для повышения коэффициента детерминации из таблицы спектров часть из них, как правило, нужно удалить. Высокий коэффициент детерминации $R^2 > 75\%$ дает уверенность в достоверности получаемых результатов. Качество модели определяется также количеством факторов (рангов) – чем их меньше, тем лучше модель. Также качество модели характеризуют такие статистические показатели, как среднеквадратичная ошибка предсказания – RMSEP (Root Mean Squared Error of Prediction); остаточное отклонение предсказания для ранга – RPD (Residual Prediction Deviation), которая оценивает устойчивость полученной зависимости; разница между истинным значением параметра, полученного с помощью химического анализа и ожидаемым, то есть показателем смещения или статистической предвзятости (Bias). В качестве примера на рисунке приведена калибровочная кривая для крахмала у зерна ячменя.

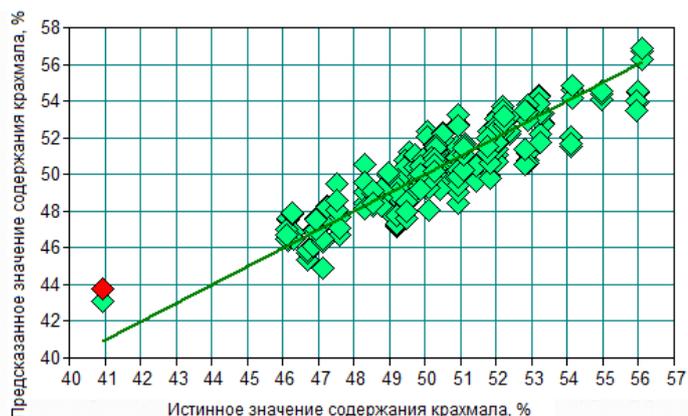


Рисунок. Предсказанные значения содержания крахмала в зерне (ось Y) по сравнению с истинными значениями содержания крахмала (ось X) калибровочной модели *Barley_Starch*. Зеленым отмечены учтенные, красным – не учтенные значения для образцов зерна ячменя

В настоящее время разработаны градуировочные модели по определению белка, масла, крахмала, сухого вещества, бета-глюканов, суммы фенольных веществ, жирных кислот, антиоксидантной активности и ряда других показателей для таких зерновых, бобовых и масличных культур, как ячмень, овес, тритикале, амарант, кукуруза, чуфа, люпин, горох и другие.

Постоянное обновление градуировочной модели, добавление при необходимости новых образцов разных лет и мест репродукции, а также использование стандартов для периодических проверок является обязательным условием для сохранения с течением времени хороших прогнозирующих возможностей БИК-градуировок.

Экспресс анализаторы на основе БИК-технологии используются на производственных площадках, а также при контроле качества для экспресс-анализа входящего сырья или же оценки параметров готовой продукции. Данный метод не требует специальной пробоподготовки, дорогих реагентов, посуды и очень прост в обслуживании, повышает производительность. Кроме того, в результате сканирования образца программа сама рассчитывает среднее значение и стандартное отклонение по каждому показателю, а использование зернового модуля позволяет сохранить ценный семенной материал.

СКРИНИНГ ЗЕРНОВЫХ ФОРМ АМАРАНТА ИЗ КОЛЛЕКЦИИ ВИР НА СКОРОСПЕЛОСТЬ В УСЛОВИЯХ СЕВЕРО-ЗАПАДНОГО РЕГИОНА РФ

Д. В. Соколова, А. А. Асланова, А. М. Зарецкий, Т. В. Шеленга
Федеральный исследовательский центр Всероссийский институт генетических ресурсов
растений имени Н.И. Вавилова (ВИР), Санкт-Петербург, Россия, dianasokol@bk.ru

SCREENING OF THE GRAIN FORMS OF AMARANTH FROM THE VIR COLLECTION FOR EARLINESS UNDER THE CONDITIONS OF THE NORTHWESTERN REGION OF RUSSIA

D. V. Sokolova, A. A. Aslanova, A. M. Zaretsky, T. V. Shelenga
N.I. Vavilov All-Russian Institute of Plant Genetic Resources (VIR), St. Petersburg, Russia,
dianasokol@bk.ru

Амарант – древняя культура семейства Амарантовые (Amaranthaceae). Возрождение интереса к культуре в конце XX века связано с работами по изучению ее уникальных биохимических характеристик, универсальному применению и типичному для амаранта механизму C₄-фотосинтеза. Культура обладает огромным потенциалом интенсивности роста, продуктивности и высоким содержанием в семенах и листовой биомассе полноценного безглутенового белка, ненасыщенных жирных кислот, пищевых волокон, флавоноидов, витаминов и минералов. По составу жирных кислот масло амаранта сходно с маслом злаков, но отличается содержанием относительно высоких уровней полиненасыщенного углеводорода сквалена.

Одной из проблем при выращивании зернового амаранта на территории РФ является его теплолюбивость, связанная с происхождением. Зерновые виды амаранта берут свое начало из Центральной, Северной (*Amaranthus cruentus* и *A. hypochondriacus*) и Южной Америки (*A. caudatus*). Поэтому амарант культивируют в нашей стране преимущественно в южных областях. Изучение культуры в условиях Северо-Западного региона РФ дает возможность идентифицировать наиболее экологически-пластичные генотипы, способные сформировать зрелые семена за относительно короткий вегетационный период.

Исследование посвящено созданию холодостойких и скороспелых исходных материалов для селекции. В работе использовалась уникальная коллекция амаранта ВИР. В полевых условиях НПБ «Пушкинские и Павловские лаборатории ВИР» изучено 190 образцов зернового направления использования (рисунок).



Выявлены ключевые фазы онтогенеза, наступление которых у скороспелых образцов отмечалось на 15–18 дней раньше. Установлены взаимосвязи скороспелости с некоторыми фенотипическими признаками растений. Описаны морфологические признаки и особенности роста и развития скороспелых биотипов. В докладе также обсуждаются вопросы взаимосвязи биотических факторов с наступлением фаз онтогенеза.

Работа выполнена при финансовой поддержке проекта РФН № 24-26-00218 «Взаимосвязь содержания сквалена в семенах зернового амаранта с анатомо-морфологическими характеристиками и биохимическими показателями в условиях Северо-Запада РФ».

ВЛИЯНИЕ ТИПА ГИБРИДА КУКУРУЗЫ НА ПИТАТЕЛЬНУЮ ЦЕННОСТЬ СИЛОСА

П. А. Фоменко

Вологодский научный центр Российской академии наук, Вологда, Россия,
szniikorma@mail.ru

THE EFFECT OF THE MAIZE HYBRID TYPE ON NUTRITIONAL VALUE OF SILAGE

P. A. Fomenko

Vologda Scientific Center of the Russian Academy of Sciences, Vologda, Russia,
szniikorma@mail.ru

Кукурузный силос действительно играет важную роль в кормлении молочного скота в Вологодской области и других регионах России. Из-за своих питательных свойств кукурузный силос обеспечивает высокую продуктивность животных и является основным компонентом рациона. В исследовании было акцентировано внимание на три гибрида кукурузы: Воронежский 160 СВ, Золотой початок 147 МВ и Золотой початок 153 МВ. Все три гибрида были посажены на полях различных площадей и в разное время, что позволяет получить информацию о влиянии этих факторов на урожайность и питательную ценность силоса.

Силос из гибридов кукурузы был проанализирован на качество и питательность в лаборатории химического анализа на оборудовании ЦКП «Центр сельскохозяйственных исследований и биотехнологий» ФГБУН ВолНЦ РАН в рамках государственного задания № FMGZ-2022-0003.

Каждый гибрид кукурузы был посажен на участках площадью от 28 до 55 га в конце мая в соответствии с индивидуальными спецификациями гибрида. Нормы высева составляли от 18 до 23 кг/га. Даты сбора урожая были между 21 и 30 сентября и 2 и 6 октября, когда влажность образцов цельных растений в среднем составляла 65 %. Среди протестированных образцов гибрид Золотой початок 153 показал наивысший результат по урожайности силосной массы и количеству полученного силоса, варьируя от 398 до 495 ц/га. На втором месте по урожайности стоит гибрид Воронежский 160, результаты которого составили от 397 до 400 ц/га. Оба этих гибрида также продемонстрировали более высокое содержание сухого вещества в своем силосе. Содержание сырого протеина варьируется от 7,64 до 8,85 % среди гибридов и было выше у сорта Золотой початок 153 (на 0,11–0,85 % по сравнению с ГОСТ) по сравнению с гибридом Воронежский 160 (на –0,36, +0,20 отклонения от ГОСТ). Уровень сырой клетчатки в тестовых образцах колебался от 25,00 до 27,04 % (в сравнении с ГОСТ от 3,00 до 5,04 %) в Вологодском районе и от 23,81 до 25,65 % (в сравнении с ГОСТ от 1,81 до 3,18 %) в Грязовецком районе. Максимальное содержание крахмала в сухом веществе находилось у гибридов Золотой початок 153 от 18,23–21,94 %, что в среднем по области выше на 4,01–7,72 % и Воронежский 160 – от 17,35–17,58 % (3,13–3,36 % соответственно). Исследуемые образцы заготовленного силоса характеризуются высокой энергетической питательной ценностью, от 10,08 МДж до 11,44 МДж на килограмм сухого вещества (в сравнении с ГОСТом от –0,92 МДж до +0,44 МДж), а также обеспечивает чистую энергию лактации в пределах 5,97–7,01 МДж (среднее значение по области 6,12 МДж). Это подчеркивает ее ценность как кормовой культуры.

В данном исследовании была проведена оценка питательной ценности кукурузного силоса, что имеет важное значение для агропромышленного комплекса. Кукурузный силос заготовленный из сорта Золотой початок 153 выделяется по своим показателям питательной ценности: содержание сырого протеина варьируется от 8,11 до 8,85 %, сырой клетчатки –

от 25,00 до 25,18 %, а крахмала – от 18,23 до 21,94 %. Эти результаты подчеркивают целесообразность использования кукурузного зерна в различных отраслях агропромышленного комплекса (АПК) как источника ценного растительного сырья. Понимание питательной ценности кукурузного силоса помогает оптимизировать рацион животных и повысить эффективность использования ресурсов в агробизнесе. Рекомендация к выращиванию данного гибрида подчеркивает его потенциал для получения высококачественного корма, что является ключевым фактором для устойчивого развития сельского хозяйства и аграрной экономики в целом.

Таким образом, считаем рекомендованным к выращиванию на силос гибрид кукурузы Золотой початок 153. Дальнейшие исследования и внедрение технологий, направленных на увеличение производства этого гибрида кукурузы, могут значительно улучшить показатели эффективности в агропромышленном комплексе. Такого рода исследования могут помочь фермерам и агрономам оптимизировать использование кукурузного силоса в кормлении скота и повысить эффективность сельскохозяйственного производства в условиях Европейского Севера России.

СЕЛЕКЦИЯ ЗЕРНОБОБОВЫХ КУЛЬТУР В СЕВЕРНОМ КАЗАХСТАНЕ

Г. Ж. Хасанова¹, С. А. Джатаев¹, М. Кузбакова¹, Ю. Н. Шавруков²

¹ Казахский агротехнический исследовательский университет имени С. Сейфуллина, Астана, Казахстан, khasanova-gulmira@mail.ru

² Университет Флиндерса, Аделаида, Австралия

LEGUME CROP BREEDING IN NORTHERN KAZAKHSTAN

G. Zh. Khassanova¹, S. A. Jatayev¹, M. Kuzbakova¹, Y. N. Shavrukov²

¹ S. Seifullin Kazakh Agro Technical Research University, Astana, Kazakhstan, khasanova-gulmira@mail.ru

² Flinders University, Adelaide, Australia

Производство зернобобовых культур увеличивается из года в год и является стратегически важным сегментом во многих странах. Зернобобовые богаты питательными веществами, витаминами и минералами, которые крайне важны для поддержания здоровья. Наиболее распространенными зернобобовыми культурами, выращиваемыми в Казахстане, являются соя, горох, нут, чечевица и фасоль. По данным Комитета по статистике Республики Казахстан, в стране общая площадь посевов таких зернобобовых культур, как горох, нут и чечевица составляет 42,8 тыс. га, причем за последние 3 года наблюдается тенденция повышения площади посевов чечевицы, нута и гороха. Основными импортерами казахстанских бобовых являются Швеция, Турция, Китай, Узбекистан, Таджикистан и Кыргызстан. Эти культуры являются источником ценного белка, и, в связи с этим, в настоящее время делается упор на их возделывание. Масштабное распространение зернобобовых культур в Целинном крае началось только с 1960 г., и на тот момент не было ни одного районированного сорта местной селекции. В течение шести последующих лет (1960–1965) было детально изучено 408 сортообразцов, из них – 62 нута. Для селекционной работы привлекали сорта отечественной и зарубежной селекции.

Цель этих исследований состояла в сборе, формировании генетических ресурсов зернобобовых культур и всестороннем изучении коллекций для обнаружения образцов с комплексом хозяйственно ценных признаков.

Исследования проводили в полевых и лабораторных условиях (рисунок). В поле изучали коллекции образцов, проводили наблюдения и гибридизацию для получения гибридов и анализ гибридных популяций. В лаборатории проводили биохимический анализ белков, а также молекулярно-генетические работы, включая секвенирование ДНК-фрагментов генов-кандидатов, дизайн праймеров, генотипирование, анализ экспрессии генов на основе Real-time qPCR. В результате, в условиях сухостепной зоны Северного Казахстана проведены исследования коллекционных сортообразцов нута, гороха и чечевицы. Проведен фенотипический и структурный анализ растений, а также исследования по засухоустойчивости, урожайности и содержанию белка в семенах бобовых растений. Анализ проводили с целью отбора наиболее ценных форм на основе молекулярных исследований для создания новых засухоустойчивых и высокобелковых сортов бобовых культур. Разработали и использовали новые молекулярные SNP маркеры, выделили перспективные засухоустойчивые и солеустойчивые образцы и константные линии нута, гороха и чечевицы.

Данное исследование было проведено при поддержке Комитета науки Министерства науки и высшего образования Республики Казахстан (ИРН АР 23489286).

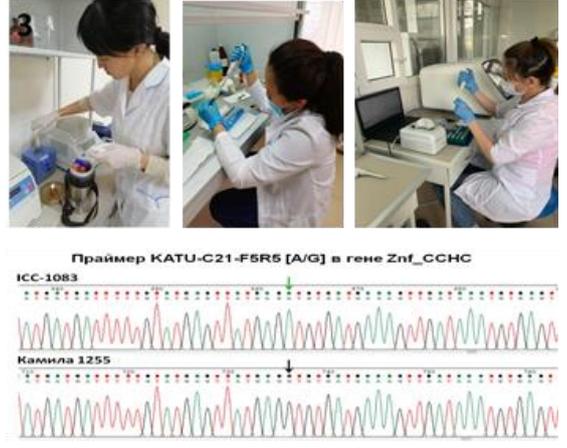
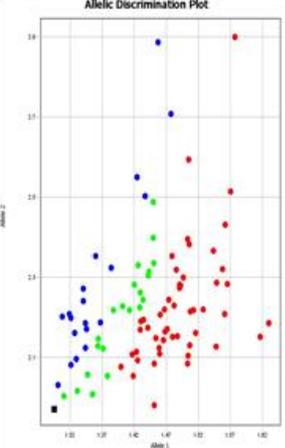
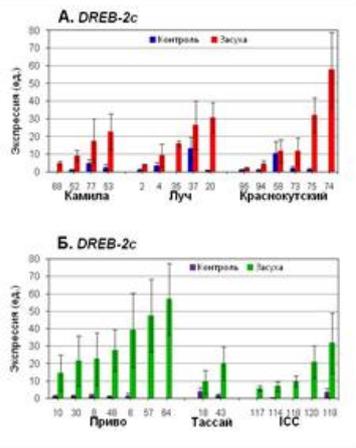


Рисунок. Проведение агрономических исследований в полевом стационаре и молекулярно-генетических исследований в лаборатории КАТИУ

ОЦЕНКА АНТИОКСИДТЕЛЬНОЙ СПОСОБНОСТИ РОССИЙСКИХ СОРТОВ РЖИ

Н. В. Цветкова¹, Е. А. Андреева^{1,2}, И. В. Сафонова³, П. А. Зыкин¹
Санкт-Петербургский государственный университет, Санкт-Петербург, Россия,

Институт общей генетики им. Н.И. Вавилова Российской академии наук, Москва, Россия
Федеральный исследовательский центр Всероссийский институт генетических ресурсов
растений имени Н.И. Вавилова (ВИР), Санкт-Петербург, Россия

EVALUATION OF THE ANTIOXIDANT ABILITY IN RUSSIAN RYE CULTIVARS

N. V. Tsvetkova¹, E. A. Andreeva^{1,2}, I. V. Safonova³, P. A. Zykin¹

¹ St. Petersburg State University, St. Petersburg, Russia, ntsvetkova@mail.ru

² Vavilov Institute of General Genetics of the Russian Academy of Sciences, Moscow, Russia

³ N.I. Vavilov All-Russian Institute of Plant Genetic Resources (VIR), St. Petersburg, Russia

Рожь (*Secale cereale* L.), относящаяся к группе «малых» злаков, в отличие от пшеницы занимает гораздо меньшие посевные площади, однако обладает рядом ценных свойств и как сельскохозяйственная культура, устойчивая к неблагоприятным факторам среды, и как продукт питания, содержащий большие количества белка и вторичных метаболитов, часть из которых обладает антиоксидительными свойствами. Научная дискуссия о пользе антиоксидантов в пище все еще продолжается, однако ряд популяционных исследований свидетельствует о положительном эффекте, который оказывают антиоксиданты, поступающие с пищей, на здоровье и долголетие человека. Имеются данные, подтверждающие, что потребление ржи само по себе может оказывать благотворное влияние на здоровье и профилактическое действие на развитие метаболических и сердечно-сосудистых заболеваний. Получение сортов ржи, обогащенных антиоксидантами, представляется перспективным направлением исследования.

Поскольку рожь, как сравнительно недавно одомашненная культура с перекрестным типом опыления, обладает большей вариабельностью по сравнению с другими злаками, имеет смысл оценить имеющееся разнообразие антиоксидительной активности и связанных с этим веществ у современных сортов ржи российской селекции. Для работы были выбраны 10 сортов озимой ржи Кипрез, Флора, Московская 18, Таловская 45, Дана, Дарвет, Перемена, Тагна, Арча, Чулпан 9 и Немчиновский 1, обладающие хорошими показателями урожайности, устойчивости к заболеваниям и хлебопекарными свойствами. Известно, что накопление вторичных метаболитов в значительной мере коррелирует с условиями выращивания, поэтому для анализа было отобрано зерно репродукции от оригинаторов сортов, 2018–2021 годов выращивания, и репродукция, полученная в г. Пушкин в 2023 году. Анализы по антиоксидительной активности и содержанию антиоксидантов проводили на 20 мг муки тонкого помола. Антиоксидительная активность была определена АВТС-ТЕАС-методом, результаты измерений представлены в эквиваленте микромолей Trolox на 1 грамм продукта (ТЕ/g). Результаты, полученные этим методом, различаются в зависимости от репродукции: так, для сорта Московская 18 антиоксидительная активность для зерна оригинальной репродукции составила 0,529 ед., для репродукции в г. Пушкин – 0,387 ед. Выделены три сорта, демонстрирующие наибольшую антиоксидительную активность по итогам анализа зерна обеих репродукций: Московская 18, Дарвет и Немчиновский 1.

В зерне всех сортов обеих репродукций были определены концентрации основных групп веществ, демонстрирующих значительную антиоксидительную активность: антоцианов и фенольных кислот. Мономерные антоцианы измеряли, используя рН-дифференциальный метод, результаты выражены в эквиваленте цианидин-глюкозида в мг на кг продукта. Содержание мономерных антоцианов также значительно различалось

в зависимости от репродукции: наибольшее содержание для зерна оригинальной репродукции отмечено для сорта Таловская 45 (5,01 мг/кг), а для репродукции г. Пушкин – сорт Дана (5,43 мг/кг). Сорта Московская 18, Таловская 45 и Дана выбраны как сорта с наибольшим содержанием мономерных антоцианов для обеих репродукций.

Общие фенольные кислоты были определены по методу Folin Ciocalteu, FC index выражен в эквиваленте микромолей галловой кислоты на 1 грамм продукта (GAE/g). Аналогично предыдущим результатам, значения измерений у сортов отличаются в зависимости от репродукции. По содержанию фенольных кислот наибольшее количество отмечено для сортов Арча, Чулпан 9 и Немчиновский 1.

Полученные нами результаты подтверждают значительное влияние условий выращивания на содержание антиоксидантов и значение антиокислительной активности; в неокрашенном зерне сортов выявляются антоцианы (до 5 мг/кг); содержание мономерных антоцианов и общих фенольных кислот в зерне напрямую четко не коррелирует с антиокислительной активностью; сорт Московский 18 определен как сорт с наибольшей антиокислительной активностью и содержанием антоцианов. Полученные результаты будут использованы в работах по созданию форм с повышенным содержанием антиоксидантов.

ЛАБОРАТОРНАЯ ОЦЕНКА ЭФФЕКТИВНОСТИ ФУНГИЦИДОВ ПРОТИВ СЕМЕННОЙ ИНФЕКЦИИ ГОРОХА

О. В. Шевченко, Т. А. Асеева

Хабаровский федеральный исследовательский центр Дальневосточного отделения Российской академии наук (ХФИЦ ДВО РАН), Дальневосточный научно-исследовательский институт сельского хозяйства – обособленное подразделение ХФИЦ ДВО РАН, Хабаровский край, Россия, Shevchenko_4212@mail.ru

LABORATORY ASSESSMENT OF THE EFFECTIVENESS OF FUNGICIDES AGAINST SEED INFECTION IN PEAS

O. V. Shevchenko, T. A. Aseeva

Khabarovsk Federal Research Center of the Far Eastern Branch of the Russian Academy of Sciences (KhFRC FEB RAS), Far Eastern Agricultural Research Institute – subdivision of the KhFRC FEB RAS, Khabarovsk Territory, Russia, Shevchenko_4212@mail.ru

Урожайность и качество семян являются одними из основных показателей, определяющих эффективность растениеводства. Они зависят от многих факторов, в том числе от генотипа, условий внешней среды при развитии растений, а также от созревания, хранения, отбора, проращивания и очистки семенного материала.

Одна из главных проблем растениеводства заключается в том, что посеянные семена не всегда наилучшим образом реализуют заложенный генетический потенциал продуктивности. Для необходимости решения этой проблемы ведется поиск рациональных агроприемов в технологиях выращивания сельскохозяйственных культур, в том числе и способов предпосевной обработки семян, в связи с вышесказанным важное место в технологии возделывания гороха посевного отводится предпосевной обработке семян. Современные технологии включают протравливание семян как обязательный прием, поскольку качеству семенного материала принадлежит ведущая роль в получении высоких и стабильных урожаев.

Предложенные на рынке многочисленные протравители семян для сельхозпроизводителей не имеют конкретных рекомендаций по степени их воздействия на растения, тем более информации о чувствительности к тому или иному фунгициду сортов культур. Экстремальные условия, с точки зрения интенсивного использования этих химических веществ, могут привести к недобору урожая из-за их прямого вмешательства в метаболические процессы растения. С другой стороны, остро стоит вопрос об устойчивости сортов гороха к агрессии болезней. Для создания форм и сортов сельскохозяйственных культур, отвечающих требованиям производства, необходима не только разработка методов отбора, генетические и физиолого-биохимические исследования растений, а также массовая проверка и сравнение результатов, полученных в условиях лаборатории и поля.

Это позволяет защитить семена от семенной и почвенной инфекции, стимулировать рост и развитие проростков обработанных семян, повысить продуктивность растений и улучшить качество выращенной продукции.

Особенно актуально это для регионов Дальнего Востока, в том числе и Среднего Приамурья. Повышение среднегодовой температуры приземного слоя воздуха в течение последних 60 лет на 1,4 °С привело к повышению инфекционного фона и усилило риск поражения бобовых культур различными болезнями.

Цель исследований – изучить влияние фунгицидов при обработке семян гороха посевного на всхожесть семян и поражение их болезнями.

Для изучения были взяты сорта гороха посевного: Демос, Казанец, Орк, Спартак, Ямал. Для обработки семян использовали системные фунгицидные протравители: Тирада,

СК – 1,5 л/т, Оплот – 0,6 л/т, Синклер – 0,5 л/т семян. Все выбранные для лабораторного опыта препараты направлены на борьбу с фузариозной корневой гнилью, плесневением семян и бактериозом.

В процессе эксперимента были проанализированы морфологические (рост главного корешка, длина проростка) и физиологические (всхожесть семян) параметры гороха посевного, обработанного фунгицидами, в лабораторных условиях. Установлено, что наибольшее влияние на лабораторную всхожесть семян оказало применение препарата Синклер, СК. Так, данный показатель у сортов Спартак и Демос увеличился на 3 %, у сортов Казанец и Ямал – на 2 %, сорта Орк – на 1 % по сравнению с контрольным вариантом. Положительное влияние на лабораторную всхожесть семян оказала также обработка фунгицидом Тирада, СК. Прибавка по сорту Ямал составила 3 %, по сортам Демос и Спартак – 2 %. При определении лабораторной всхожести в варианте с протравителем Оплот, ВСК было отмечено незначительное увеличение всхожих семян у сортов Демос, Казанец и Орк. Прибавка по сравнению с контролем у сорта Спартак составила 2 %, а у сорта Ямал – 2 %.

Биологическая эффективность фунгицидов, рекомендованных для борьбы с бактериальной и фузариозной инфекциями гороха, изменялась в широких пределах: от бактериоза – 6,7–100,0 % и фузариоза – 2,4–95,6 % в зависимости от сорта и уровня зараженности семени. 100-процентную эффективность проявил фунгицид Тирада, СК при обработке им семян гороха сорта Ямал и несколько ниже – сорта Демос. Биологическая эффективность при обработке остальных сортов была низкой и не превышала 23,1 %. Биологическая эффективность фунгицида в подавлении фузариозной инфекции на семенах была достаточно высокой и превышала 50,0 % на всех сортах кроме сорта Казанец, где действие препарата было самым низким и составило всего 2,4 %. Высокую биологическую эффективность в подавлении как бактериальной, так и фузариозной инфекции на семенах гороха проявил фунгицид Синклер, СК при поражении семян инфекцией более 5,0 %.

Высокий защитный эффект показал препарат Оплот, ВСК, рекомендованный для подавления фузариозной инфекции на зерновых культурах и сое. При обработке им семян гороха биологическая эффективность в подавлении бактериоза составила 100 % при уровне пораженности семян не выше 6,5 % у сортов Спартак и Ямал. При повышении пораженности на 1 % у сорта Орк биологическая эффективность снизилась до 93,3 %. При обработке семян сортов Демос и Казанец препарат был неэффективен. При подавлении фузариозной инфекции препарат уступал рекомендованным фунгицидам, и тем не менее при высоком уровне зараженности семян сорта Орк он был самым эффективным.

В ходе наших исследований установлено, что фунгициды влияли на растения в основном как ингибиторы, уменьшая длину главного корешка и длину ростков у обработанных семян по сравнению с контролем: у сорта Демос на 71–87 %, сорта Казанец на 14–59 %, сорта Орк на 19,6–26 %, сорта Спартак на 65–76 %, сорта Ямал на 59–79 %.

Показано, что предпосевное протравливание семян гороха оказывает положительное влияние на лабораторную всхожесть. Обработка семян фунгицидами Тирада, СК, Оплот, ВСК и Синклер, СК повышает лабораторную всхожесть семян на 2–3 % по сравнению с контролем за счет эффективного подавления внешней и внутренней семенной инфекции бактериальной и фузариозной этимологии. Использование системных фунгицидов способствует снижению пораженности семян фузариозной и бактериальной инфекциями до безопасного уровня.

Полученные результаты свидетельствуют о том, что препарат для предпосевной обработки семян гороха следует подбирать индивидуально не только для культуры в целом, но и для каждого сорта в частности. Таким образом, предпосевная обработка семян гороха в агротехнологии культуры должна быть обязательным агротехническим приемом.

**МЕТАБОЛОМНОЕ МАРКИРОВАНИЕ УСТОЙЧИВОСТИ ЗЕРНОВЫХ КУЛЬТУР
(*AEGILOPS TAUSCHII*, *TRITICUM AESTIVUM*) ИЗ КОЛЛЕКЦИИ ВИР
К БИОТИЧЕСКИМ И АБИОТИЧЕСКИМ СТРЕССАМ СРЕДЫ**

**Т. В. Шеленга, Л. Л. Малышев, Ю. А. Керв, А. В. Конарев, Т. В. Дюбенко,
В. И. Хорева, М. Х. Белоусова, М. А. Колесова, Н. Н. Чикида**
Федеральный исследовательский центр Всероссийский институт генетических ресурсов
растений имени Н.И. Вавилова (ВИР), Санкт-Петербург, Россия, t.shelenga@vir.nw.ru

**METABOLOMIC LABELING OF THE RESISTANCE OF CEREALS (*AEGILOPS
TAUSCHII*; *TRITICUM AESTIVUM*) FROM THE VIR COLLECTION TO BIOTIC AND
ABIOTIC ENVIRONMENTAL STRESSES**

**T. V. Shelenga, L. L. Malyshev, Yu. A. Kerv, A. V. Konarev, T. V. Dyubenko,
V. I. Khoreva, M. Kh. Belousova, M. A. Kolesova, N. N. Chikida**
N.I. Vavilov All-Russian Institute of Plant Genetic Resources (VIR), St. Petersburg, Russia,
v.popov@vir.nw.ru

Пшеница (*Triticum L.*) – одна из важнейших сельскохозяйственных культур в мире, в том числе и в Российской Федерации. Для большинства населения планеты она является одним из основных продуктов питания. Урожайность и качество пшеницы во многом зависят от устойчивости сортов к биотическим и абиотическим стрессам окружающей среды.

Наиболее распространенными факторами, снижающими урожайность пшеницы более чем на 40 %, являются грибные патогены: возбудители стеблевой (*Puccinia graminis* Pers. f. sp. *tritici* Erikss. et Henn.), бурой (*Puccinia recondita* Rob. ex Desm. f. sp. *triticea* Eriks.) ржавчины и мучнистой росы (*Blumeria graminis* (DC.) Speer f. sp. *tritici* Marchal). Следующий важный фактор, влияющий на урожай зерновых, – ежегодное увеличение площадей сельскохозяйственных угодий с повышенной кислотностью почв. В России они составляют примерно 30 %. В кислых почвах ионы алюминия (Al^{3+}) – основной стрессор для возделываемых культур. Все перечисленные факторы нарушают рост и развитие растения, что в дальнейшем сказывается на его продуктивности.

Поиск высокоурожайных форм основных пищевых культур, устойчивых к стрессам, является одной из главных задач современной селекции.

Коллекция ВИР обладает широким генетическим разнообразием диких форм, таких как *Aegilops L.*, вида, эволюционно близкого к *Triticum*, и *Triticum aestivum L.*, гексаплоидной форме пшеницы. Одним из преимуществ *Aegilops* является устойчивость к грибным патогенам. У *T. aestivum* устойчивость к абиотическим факторам сочетается с хорошими хлебопекарными качествами. Всестороннее изучение коллекции ВИР позволит расширить генетическое разнообразие источников устойчивости к широкому спектру стрессовых факторов и поможет селекционерам решить проблему создания высокоурожайных устойчивых к стрессам сортов пшеницы.

Неспецифическое метаболомное профилирование предоставляет уникальную возможность сканировать широкий спектр соединений, составляющих метаболомный профиль в исходном материале, и давать объективную оценку (с использованием метаболомных маркеров) реакции растения на факторы окружающей среды. Этот подход используется для идентификации отдельных метаболитов или их групп, которые могут характеризовать защитный статус исследуемого объекта, что позволяет выявлять образцы, устойчивые к стрессорам окружающей среды.

Материалом для исследования послужили образцы *Ae. tauschii* с разной степенью устойчивости к грибным патогенам, изученной в полевых условиях, и зимостойкие образцы

T. aestivum из коллекции ВИР, у которых была проведена лабораторная оценка чувствительности к воздействию ионов Al^{3+} .

Изучение метаболомных профилей с помощью газовой хроматографии, сопряженной с масс-селективной спектрометрией, устойчивых и неустойчивых к стрессу форм *Ae. tauschii* и *T. aestivum* позволило выявить метаболические процессы, активизирующиеся под воздействием стрессора, и метаболиты – потенциальные маркеры устойчивости к грибным патогенам и ионам Al^{3+} , соответственно.

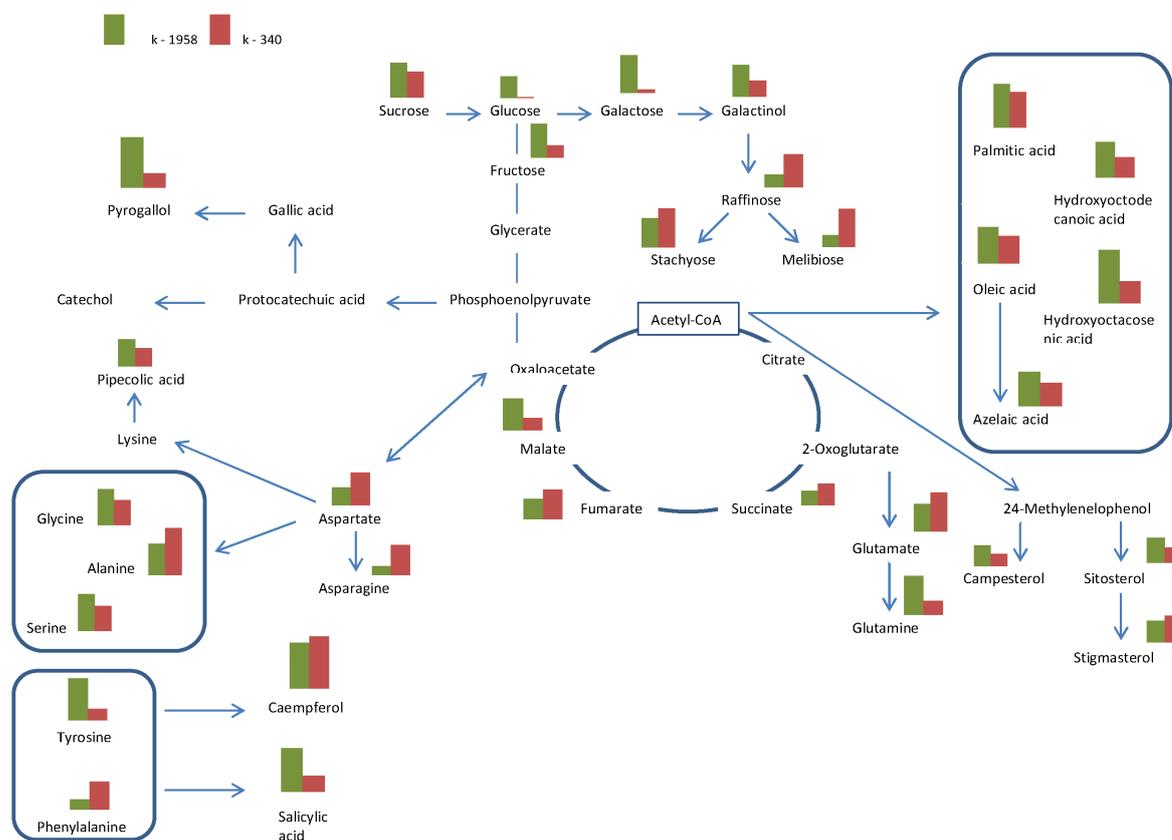


Рисунок. Метаболические пути в семенах *Aegilops tauschii* различаются по устойчивости к *Puccinia recondita* и *Blumeria graminis*: образец k-1958 – устойчивый, k-340 – восприимчивый. График был построен с использованием базы данных KEGG

Образцы *Ae. tauschii* с высоким содержанием азелаиновой, пирогалловой, пипекколиновой кислот, ацилглицеролов, галактинола, стигмастерола, мальтозы, тирозина, сорбозы, глицерина, метил-D галактопиранозида отличаются устойчивостью к грибным патогенам. Накопление фосфорной, яблочной, янтарной кислот, четырехатомного (RI = 1537) и пятиатомного (RI = 1735) спиртов и метилового эфира линолевой кислоты характерны для алюмотолерантных образцов *T. aestivum*.

Биохимические маркеры устойчивости могут быть использованы для создания высокопродуктивных и адаптированных к условиям северо-запада России сортов пшениц, обладающих комплексной устойчивостью к стрессовым факторам.

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; государственной поддержки создания и развития научного центра мирового уровня «Агротехнологии будущего» в соответствии с соглашением № 075-15-2022-320 от 20 апреля 2022 года.

АНАЛИЗ СТРУКТУРНОГО РАЗНООБРАЗИЯ ГРИБНОЙ КОМПОНЕНТЫ МИКРОБИОМА С ПРИМЕНЕНИЕМ МЕТАГЕНОМНОГО МЕТОДА

Н. Н. Шулико

Омский аграрный научный центр, Омск, Россия, shuliko@anc55.ru

ANALYSIS OF STRUCTURAL AND FUNCTIONAL DIVERSITY OF THE FUNGAL COMPONENT OF THE MICROBIOME USING THE METAGENOMIC METHOD

N. N. Shuliko

Omsk Agricultural Scientific Center, Omsk, Russia, shuliko@anc55.ru

Одним из основных трендов в микробиологических исследованиях в XXI в. стало активное использование систем высокопроизводительного секвенирования для анализа природных микробиомов, ставших одним из самых перспективных биоиндикаторов экологического состояния окружающей среды.

Изучение взаимодействий между растениями и микроорганизмами – одно из актуальных бурно развивающихся направлений современной биологии. Эти взаимодействия, играющие исключительно важную роль в жизни, питании растений, защите их от патогенов и вредителей, для сельскохозяйственных культур являются мало исследованными в регионе, в чем и заключается их новизна.

Цель работы – провести анализ микробного статуса ризосферы зерновых культур в условиях Западной Сибири.

Полевой опыт по изучению генетического разнообразия микробиоты был заложен на полях Омского аграрного научного центра (Омский АНЦ) в зоне южной лесостепи Западной Сибири. Объектом исследования была ризосфера овса сорта Сибирский геркулес омской селекции. Почва опытного участка – лугово-черноземная среднemocная среднегумусная тяжелосуглинистая. Бактеризацию семян проводили биопрепаратами Мизорин (*Arthrobacter mysoarens* 7) и Флавобактерин (*Flavobacterium* sp. L-30) в день посева, из расчета 600 г на гектарную норму семян. Бактериальные препараты созданы и получены из ВНИИ сельскохозяйственной микробиологии. Опыт заложен в 4-кратной повторности, площадь одной делянки – 13,5 м² (15*0,9), предшественник – пар. Обработка полученных данных, а именно демультимплексирование образцов и удаление адаптеров, проводилась с помощью программного обеспечения компании Illumina (Illumina, США). Работа проводилась с использованием оборудования ЦКП «Геномные технологии, протеомика и клеточная биология» ФГБНУ ВНИИСХМ.

На основе секвенирования ДНК образцов ризосферы описано 5 родов, занимающих больше 1 % в структуре микробиома почвенных грибов ризосферы овса. Полученные результаты демонстрируют наличие *Pseudogymnoascus* в прикорневом слое почвы. Заметна тенденция роста микоризообразователей от контрольного варианта (2,0–3,7 %) к вариантам с обработкой семян: Флавобактерином (0,9–6,5 %), Мизорином (1,4–3,5 %).

В составе изучаемого микробиома ризосферы, присутствовали патогенные грибы рода *Fusarium*. Они вызывают заболевания корней зерновых культур (корневая гниль). Фитосанитарное состояние почвы агроценозов изменялось в зависимости от бактеризации семян. Наименьшее количество было на контрольном варианте 1,9–2,4 %. Агроприем активизировал представителей *Fusarium* до 2,1–3,0 % в варианте с Мизорином, 1,1–3,4 % Флавобактерином, однако процент различия не существен.

Исследование выполнено за счет гранта Российского научного фонда № 23-76-10064, <https://rscf.ru/project/23-76-10064/>



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



Национальный центр
генетических ресурсов
растений



ПРЕЗИДЕНТСКАЯ
БИБЛИОТЕКА



МЕРОПРИЯТИЕ № 6. БИОРАЗНООБРАЗИЕ РАСТЕНИЙ: ПРАВОВЫЕ НОРМАТИВНЫЕ, ЭТИЧЕСКИЕ, СОЦИАЛЬНЫЕ И ЭКОНОМИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ

EVENT No. 6. PLANT BIODIVERSITY: LEGAL, REGULATORY, ETHICAL, SOCIAL AND ECONOMIC ASPECTS

Участники выступили с сообщениями и приняли участие в дискуссии:

Мамий Д. К. (АГУ, Майкоп), Гельтман Д. В. (БИН РАН, Санкт-Петербург), Хлесткина Е. К. (ВИР, Санкт-Петербург), Берг Л. Н. (УрГЮУ, Екатеринбург), Гринь О. С. (МГЮА), Мазилев Е. А. (ВолНЦ РАН, Вологда), Чернышева О. А. (ВИР, Санкт-Петербург), Заварзин А. А. (ВИР, Санкт-Петербург).





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



Национальный центр
генетических ресурсов
растений



ПРЕЗИДЕНТСКАЯ
БИБЛИОТЕКА



МЕРОПРИЯТИЕ № 7. КРУГЛЫЙ СТОЛ «СОРНЫЕ И ИНВАЗИВНЫЕ РАСТЕНИЯ» – ПОСВЯЩАЕТСЯ 145-ЛЕТИЮ СО ДНЯ РОЖДЕНИЯ А. И. МАЛЬЦЕВА

EVENT No. 7. ROUND TABLE “WEEDS AND INVASIVE PLANTS” – DEDICATED TO THE 145TH BIRTHDAY OF A. I. MALTSEV



Александр Иванович Мальцев
(1879–1948) – ученый-ботаник, доктор
сельскохозяйственных наук,
академик ВАСХНИЛ



ОКОПНИК ЛЕКАРСТВЕННЫЙ – ЗЛОСТНЫЙ СОРНЯК В ЛЕНИНГРАДСКОЙ ОБЛАСТИ

Л. В. Багмет

Федеральный исследовательский центр Всероссийский институт генетических ресурсов растений имени Н.И. Вавилова (ВИР), Санкт-Петербург, Россия, l.bagmet@vir.nw.ru

MEDICINAL COMFREY: A MALICIOUS WEED IN LENINGRAD PROVINCE

L. V. Bagmet

N.I. Vavilov All-Russian Institute of Plant Genetic Resources (VIR), St. Petersburg, Russia, l.bagmet@vir.nw.ru

Окопник лекарственный (*Symphytum officinale* L.) – многолетнее растение из семейства Бурачниковые (Boraginaceae). Корневище короткое, черное, с толстыми ветвистыми корнями. Снаружи корни почти черные, внутри – белые, сочные. Стебель 50–100 см высотой, прямостоячий, гранистый, в верхней части ветвистый, выглядит крылатым из-за низбегающих листьев. Листья многочисленные, крупные (средние 10–15 см), низбегающие, продолговато-яйцевидные, на верхушке заостренные. Нижние листья у основания суженные в крылатый черешок, верхние – почти сидячие, округло-клиновидные в основании, часто с волнистым краем. Жилкование сетчатое, сильно выступающее с нижней стороны. Цветки собраны в односторонние поникшие завитки, часто образующие на верхушке стебля и ветвей метельчатое соцветие. После цветения завитки выпрямляются и вытягиваются в безлистные односторонние кисти. Венчик колокольчатый грязно-лилового, фиолетового, розового, реже белого или желтоватого цвета с пятью отогнутыми наружу зубцами. Чашечка в 1,5–2,0 раза короче венчика, при плодах грушевидной или яйцевидной формы. Плод – блестящий черный яйцевидно-асимметричный орешек, с косо поставленным вытянутым носиком. Все растение густо щетинисто-мохнатое (рисунок). В первый год образуется розетка листьев и стержневой корень, начиная со второго года все растения цветут и плодоносят.

Окопник лекарственный обладает лекарственными свойствами, в его корнях содержатся алкалоиды лизиокарпин и циноглоссин, дубильные вещества, гликозиды, слизи, камеди, смолы, эфирное масло, аллантиин. Вид обладает вяжущим, противовоспалительным, противомикробным, обволакивающим, кровоостанавливающим действием, способствует эпителизации тканей. В народной медицине средства на основе корня окопника особенно популярны при болезнях опорно-двигательного аппарата, заболеваниях и повреждениях кожных покровов. В официальной медицине на основе корней окопника выпускают различные мази, бальзамы и гели, которые назначают при болях в суставах, радикулите, растяжениях, ушибах, сухости и трещинах на коже. Кроме того, имеет значение как хороший медонос, силосное и декоративное растение.

Встречается окопник лекарственный по оврагам, канавам, берегам рек и ручьев, на сырых лугах, в лесах, зарослях кустарников. Как сорняк обычно указывается только на рудеральных местообитаниях, редко как сеgetальный – в посевах многолетних трав, картофеля, в садах и огородах. В качестве агрессивного сорняка, вытесняющего в местах произрастания родительские виды, в литературе указывается окопник упландский (*S. × uplandicum* Nyman), гибридный вид между *S. officinale* и *S. asperum* Lerech. Мы наблюдали окопник в садах и огородах в Киришском районе Ленинградской области, где он часто является злостным и обременительным сорняком, от которого практически невозможно избавиться. При механической борьбе хрупкие корневища легко обламываются и каждый фрагмент, даже самый мелкий, дает начало новому растению. Химические методы также не дают особого эффекта, т. к. корневища окопника могут залегать на глубине до 25 см. Растение обладает огромной семенной продуктивностью – на

одном растении, в зависимости от условий произрастания, могут образоваться от 800 до 2000 семян, которые быстро прорастают. Кроме того, завоевание новых территорий окопником происходит с помощью современных технологий. В настоящее время Интернет наполнен многочисленными сообщениями о лекарственных и декоративных свойствах видов окопника, возможно, в том числе и поэтому довольно часто на приусадебных участках можно встретить в культуре другие виды окопника: окопник шершавый (*S. asperum*) и окопник кавказский (*S. caucasicum* M. Vieb.). Несмотря на то что виды могут гибридизировать между собой и при идентификации видов иногда встречаются растения с переходными признаками, вредоносным засорителем выступает исключительно аборигенный *S. officinale*. Другие виды не играют роли в засорении садов и огородов.

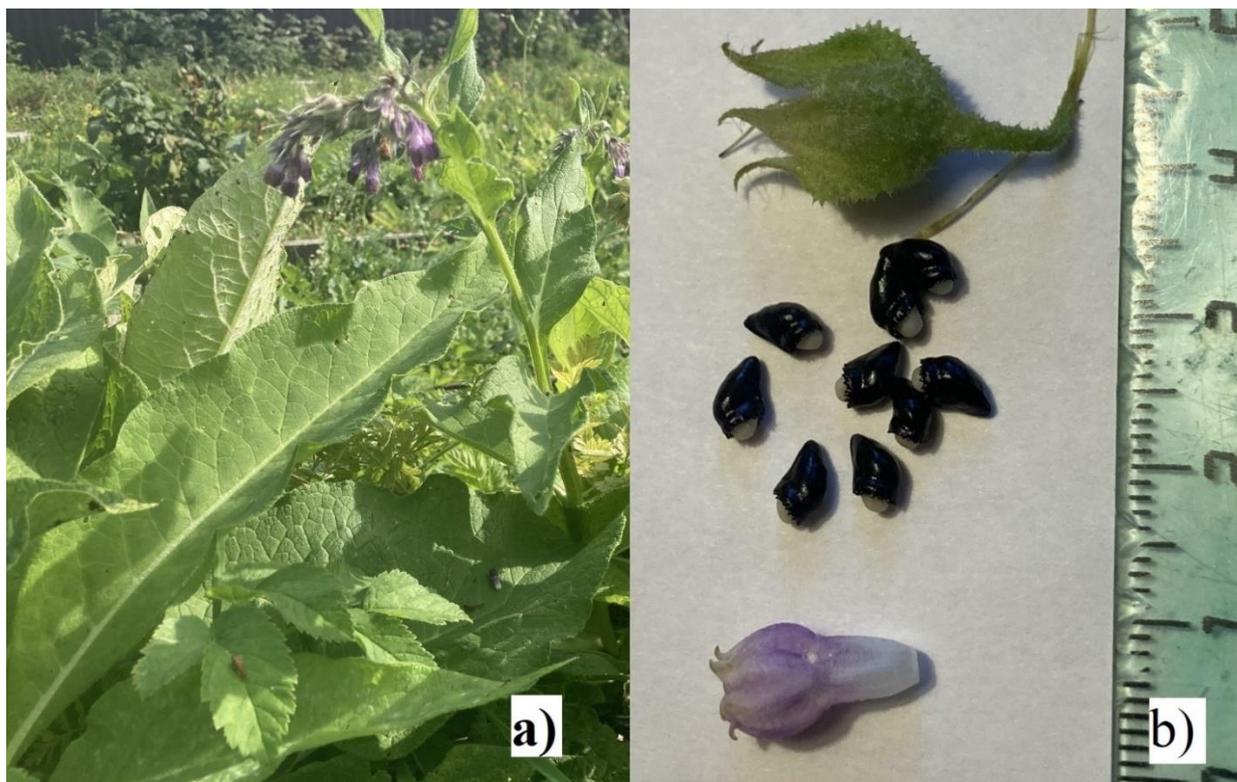


Рисунок. Окопник лекарственный: а) цветущее растение (справа) и прикорневая розетка (слева);
б) венчик, семена и чашечка

ИДА МАНДЕНОВА – СОВЕТСКИЙ БОТАНИК

О. В. Бажанова, Л. Ю. Шипилина

Федеральный исследовательский центр Всероссийский институт генетических ресурсов растений имени Н.И. Вавилова (ВИР), Санкт-Петербург, Россия, l.shipilina@vir.nw.ru, kuryakova.olga@gmail.com

IDA MANDENOVA WAS A SOVIET BOTANIST

O. V. Bazhanova, L. Yu. Shiplina

N.I. Vavilov All-Russian Institute of Plant Genetic Resources (VIR), St. Petersburg, Russia, l.shipilina@vir.nw.ru, kuryakova.olga@gmail.com

Доктор биологических наук, ботаник-систематик, исследователь флоры России и Кавказа, автор наименований ряда ботанических таксонов, Ида (Анаида) Пановна Манденова, родилась 26 июля 1909 года в семье врача Пано Манденова. Ида Пановна жила и работала в Тбилиси, была сотрудником Института ботаники Академии наук Грузинской ССР, а также изучала важнейшие гербарные коллекции в Ботаническом Институте имени В.Л. Комарова. За свою жизнь ученая внесла значительный вклад в описание и систематику кавказских представителей рода *Heracleum*, в частности *H. sosnowskyi*.

В 1934 году Ида Пановна окончила Сельскохозяйственный институт Грузинской ССР, защитив дипломную работу на тему «Лаковое дерево». В 1960 году защитила диссертацию «Систематика трибы *Pastinaceae*». Ее многочисленные сборы дополнили коллекцию Гербария Института ботаники АН Грузии (ТВИ); часть из них хранится в Париже и Кью.

В 1944 году интерес ботаника остановился на представителях рода борщевик, на который возлагали большие надежды сельскохозяйственные селекционеры СССР. Именно в 1944 году 17 апреля в свет вышло издание «Заметки по систематике и географии растений», в котором Ида Пановна впервые описала *Heracleum sosnowskyi*, названный ею в честь ее учителя, автора множества работ по изучению флоры Кавказа Дмитрия Сосновского. Позже, в 1950 году она подтвердила этот вид в своей монографии о кавказских видах борщевиков, отметив в качестве «характерных и постоянных» признаков этого вида форму щитков плодов и мелкое волосистое опушение лучей зонтика. Она указала, на разницу формы листовой пластинки растений из классического местонахождения и других местообитаний. По ее словам, *H. sosnowskyi* часто собирали, но ошибочно записывали во «Floras» как *H. pubescens*, который она считала эндемиком Крыма. Она также упоминает, что вполне возможно, что существует более раннее приоритетное название для *H. sosnowskyi*. Виды комплекса гигантских борщевиков были помещены Манденовой в секцию *Pubescentia* I. Manden. В 1970 году Манденова описала и несколько других видов комплекса гигантских борщевиков, таких как *H. circassicum* из гор вдоль побережья Черного моря около Туапсе.

Ида Пановна прожила 86 лет и скончалась в Тбилиси 4 сентября 1995 года. Монографическое исследование одного из представителей *Apiaceae* (*Umbelliferae*) – рода *Tetrataenium* в мировом объеме стало ее последней работой. Ида Пановна закончила ее написание в 1993 г., когда в Институте ботаники Академии наук Грузии не было возможности для публикации научных трудов. Работа была опубликована в 1995 г. в апрельском номере (№ 4) «Ботанического журнала», но уже после ее смерти. Ида Пановна является автором более 80 научных работ, некоторые из которых опубликованы в зарубежных изданиях. В честь Иды Пановны Манденовой названы род *Mandenovia* Alava (*Tordylium komarovii* Manden.) и ряд видов: *Astragalus idae* Grossh., *Cnidium mandenovae* Gagnidze., *Heracleum idae* Kulieva, *H. mandenovae* Satzyp.



Ида (Анаида) Пановна Манденова

ВИДОВОЙ СОСТАВ СОРНОГО ЦЕНОЗА ПОСАДОК КАРТОФЕЛЯ ПРИ РАЗНОМ УРОВНЕ АНТРОПОГЕННОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ

В. Д. Бочкарев¹, Е. В. Тюкина¹, Д. В. Бочкарев¹, А. Н. Никольский¹

¹ Национальный исследовательский Мордовский государственный университет им. Н.П. Огарева, Саранск, Россия, vov4ik.bo4karev@gmail.com

SPECIES COMPOSITION OF THE WEED CENOSIS IN POTATO PLANTINGS UNDER DIFFERENT LEVELS OF ANTHROPOGENIC IMPACT

V. D. Bochkarev¹, E. V. Tyukina¹, D. V. Bochkarev¹, A. N. Nikolsky¹

¹ National Research Mordovia State University, Saransk, Russia, vov4ik.bo4karev@gmail.com

Уровень антропогенного воздействия при возделывании сельскохозяйственных культур оказывает существенное влияние на формирование видового состава сорных растений в их агроценозах. Обследования посадок картофеля, проведенные в различных регионах нашей страны, показывают, что спектр сорняков в агрофитоценозах культуры изменяется в зависимости от уровня технологии в широких пределах – от нескольких трудноискоренимых до более чем 100 видов. В то же время многолетние исследования динамики сорного компонента посадок картофеля, раскрывающих причины изменений, не проводились, что и послужило отправной точкой для наших исследований.

Цель исследования – определение особенностей видового состава сорного ценоза посадок картофеля при разном уровне антропогенного воздействия. Для изучения поэтапной динамики сорных растений в посадках картофеля были использованы геоботанические материалы, полученные по временным этапам с разным уровнем агротехники. В 2014–2022 гг. осуществлены собственные герботологические обследования посадок картофеля.

В первый период сошного земледелия (1929–1932 гг.) в посадках картофеля насчитывалось порядка 66 сорных растений. При втором туре обследований (1936–1938 гг.) отмечено 54 вида, в период интенсификации земледелия 1980-х гг. и унификации технологии возделывания (1981–1983 гг.) картофеля на крупных предприятиях количество сократилось до 32 видов. В современный период обследования (2014–2022 гг.) отмечено увеличение количества видов сорного ценоза картофеля до 79.

Наряду с изменением видового многообразия сорняков при различных уровнях антропогенной нагрузки изменяется и таксономическая структура рудерального компонента агрофитоценозов. За исследуемый период в агроценозах картофеля были выявлены представители двух отделов – Папоротниковидные (подотдел Хвощевые) и Покрытосеменные, включающие классы Однодольные (2 семейства) и Двудольные (26 семейств). От 19 % до 30 % всех выявленных видов приходилось на долю Asteraceae, Poaceae – от 6 % до 16 %, Lamiaceae – от 6 % до 12 %, Polygonaceae – от 6 % до 9 %, Brassicaceae – от 4 % до 16 %, Caryophyllaceae – от 6 % до 20 %. Расширение видового спектра семейства Asteraceae было за счет появления видов *Xanthium* spp., *Lactuca serriola* L., *Erigeron annuus* (L.) Desf., *Lactuca tatarica* (L.) C.A. Mey. и др. Благодаря единичному появлению в посадках картофеля *Oxybasis urtica* (L.) S. Fuentes, Uotila & Borsch, *Atriplex patula* L., *Chenopodium hybridum* (L.) S. Fuentes, Uotila & Borsch. увеличился состав Chenopodiaceae. Впервые выявлены Portulacaceae (*Portulaca oleracea* L.). Представительство Caryophyllaceae сократилось.

Количественный учет сорняков на единице площади выявил, что в период примитивного земледелия в среднем на 1 м² было выявлено 114 сегетельных представителей. Asteraceae было 38 %, из которых наибольшую плотность популяции (до 25 шт./м²) имел *Sonchus arvensis* L. Convolvulaceae, представленные одним видом *Convolvulus arvensis* L., занимали до 13 %, до 10 %. Poaceae за счет *Elytrigia repens* (L.) Nevski. Brassicaceae

и Polygonaceae – 8% и 9% соответственно. Наибольшим было представительство *Raphanus raphanistrum* L. (до 6 шт./м²) и видов *Polygonum* (до 9 шт./м²).

В период начала интенсификации численность сеgetалов в агрофитоценозах картофеля снизилась до 55 шт./м². До 16 % сократилась доля Asteraceae, число растений *Sonchus arvensis* – до 3 шт./м². В отношении *Rumex acetosella* L., *Cirsium setosum* (Willd.) Besser и др. отмечена подобная закономерность. Численность сорняков из семейства Amaranthaceae и Poaceae не изменилась, однако в посевах появились не встречавшиеся ранее *Echinochloa crus-galli* (L.) P. Beauv. и *Setaria pumila* (Poir.) Roem. & Schult.

В период высокого уровня интенсификации земледелия в посадках картофеля численность сорных растений была минимальной и составляла 32 шт./м². Asteraceae занимали 17 %. Постоянно в посадках присутствовал *Cirsium setosum*. Из Poaceae сохранились только малолетние виды, устойчивые к 2,4–Д (*Echinochloa crus-galli* и *Setaria pumila*). Впервые за исследуемый период в посадках картофеля появился *Avena fatua* L.

В современный этап развития земледелия отмечалось увеличение засоренности посадок картофеля – в среднем 59 шт./м². Зафиксировано массовое развитие сорняков из семейства Poaceae, в частности *Setaria viridis* (L.) P. Beauv., *S. pumila*, *Echinochloa crus-galli*, которые стали занимать до 40 % численности сорных растений. В посевах выявлены ранее не отмечавшиеся *Lactuca serriola*, *Tripleurospermum inodorum* (L.) Sch. Bip. Впервые за все периоды наблюдений был выявлен *Galium aparine* L., в настоящее время являющийся одним из вредоносных сорняков. Возросла плотность популяции другого вида устойчивого к 2,4–Д – *Stellaria media* (L.) Vill. Высокой была доля Amaranthaceae – до 10 % (*Amaranthus retroflexus* L. 5 шт./м²), Convolvulaceae – 12 % (*Convolvulus arvensis* 7 шт./м²) от общего числа растений.

Анализ видового сходства сорняков между изученными периодами показал, что изменение уровня антропогенной нагрузки оказало значительное влияние на динамику их биоразнообразия. Высокий коэффициент сходства установлен между периодами начала второй половины 30-х гг. XX в. и серединой 80-х гг. XX в. – 2014–2022 гг. Между другими периодами коэффициент Жаккара не превышал 0,42, Сьеренсена – Чекановского – 0,51.

Также установлено, что изменение уровня агротехники и в особенности применение гербицидов способствовало выделению группы наиболее злостных сорных видов, характеризующихся высокой плотностью популяции. Об этом свидетельствуют достоверные значения ранговой корреляции Спирмена и тау-корреляции Кендалла между периодами второй половины 30-х гг. XX в. – 2014–2022 гг. и серединой 80-х гг. XX в. – 2014–2022 гг.

Проведенная оценка адвентизации сорного компонента агрофитоценозов картофеля показала, что в первый период было выявлено шесть видов кенофитов, активными из них были *Setaria viridis* и *Amaranthus retroflexus*, *Sisymbrium loeselii* L., *Knautia arvensis* (L.) J.M. Coult., *Conyza canadensis* (L.) Cronquist, *Potentilla recta* L. встречались редко. Во второй период обследований спектр кенофитов расширился до 12. В посевах были выявлены единично появившиеся *O. cumana*, *A. albus*, *Astragalus cicer* L., а также впоследствии постоянно присутствующий *Malva neglecta* Wallr. В середине 1980-х годов число кенофитов было минимальным и составило три вида. При учетах впервые фиксировался *Avena fatua*, ранее в условиях юга Нечерноземной зоны постоянного присутствия не имевший, а также *Setaria viridis* и *Amaranthus retroflexus*. В настоящее время спектр кенофитов расширился до 16 видов. В посевах вместе с ранее встречавшимися при количественных учетах сорняками стал фиксироваться *Lactuca serriola*. Из неактивных видов сорного ценоза, имеющих потенциальную опасность, следует отметить *Galinsoga parviflora* Cav., *Erigeron annuus*, *Lactuca tatarica*, *Portulaca oleracea*, *Abutilon theophrasti* Medik. На пойменных землях в посадках отмечались *Xanthium strumarium*, *X. orientale* L. *Heracleum sosnowskyi* Manden (всходы из семян).

Таким образом, уровень антропогенной нагрузки является основным фактором изменения видового и таксономического состава сорных растений агрофитоценозов

картофеля. Полученные результаты могут быть использованы для разработки стратегий борьбы с сорняками на современном этапе земледелия.

ИЗМЕНЕНИЕ СОСТАВА ЖИВОГО НАПОЧВЕННОГО ПОКРОВА В ХОДЕ ЗАРАСТАНИЯ ЗАЛЕЖИ ОСИНОЙ (ЛЕНИНГРАДСКАЯ ОБЛАСТЬ)

И. В. Варганова¹, В. В. Горшков^{2,3}

¹ Федеральный исследовательский центр Всероссийский институт генетических ресурсов растений имени Н.И. Вавилова (ВИР), Санкт-Петербург, Россия, i.varganova@vir.nw.ru

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

³ Санкт-Петербургский государственный лесотехнический университет имени С.М. Кирова, Санкт-Петербург, Россия

CHANGES IN THE COMPOSITION OF THE ABOVEGROUND VEGETATION COVER ON A LONG-ABANDONED FIELD WHILE IT IS OVERGROWN BY ASPEN TREES (LENINGRAD PROVINCE)

I. V. Varganova¹, V. V. Gorshkov^{2,3}

¹ N.I. Vavilov All-Russian Institute of Plant Genetic Resources (VIR), St. Petersburg, Russia, i.varganova@vir.nw.ru

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

³ St. Petersburg State Forest Technical University named after S.M. Kirov, St. Petersburg, Russia

Осина – один из самых распространенных в России древесных видов-пионеров, который заселяет заброшенные сельскохозяйственные земли. Согласно Ст. 13 Земельного кодекса Российской Федерации, землепользователи обязаны проводить мероприятия по защите сельскохозяйственных угодий от зарастания деревьями и кустарниками, сорными растениями. Изучение механизмов зарастания залежей осиной способствует пониманию воздействия землепользования на сукцессионные процессы и может быть полезно при разработке рациональных подходов к защите земель сельскохозяйственного назначения.

Данное исследование было проведено в Тосненском районе Ленинградской области в заказнике «Лисинский» в первой декаде августа 2011 г. с целью изучения динамики состава напочвенного покрова на разных этапах лесовосстановления на залежи. В ходе работы были изучены сформированный на залежи суходольный крупнотравно-вейниковый луг и прилегающий к нему лесной массив, с преобладанием осины в первом ярусе. В лесу по доминантам и возрасту древесного яруса были выделены 4 фитоценоза: осинник крупнотравно-вейниковый (формула древостоя 10Ос+С; возраст деревьев по кернам с 3–5 модельных деревьев на высоте 1,3 м, ≈ 10 лет; средняя высота 3 м); осинник осоково-вейниковый (8Ос2С; ≈ 20 лет; 5 м); осинник зеленомошно-кисличный (10Ос+Е; ≈ 55 лет; 20 м); осинник кустарничково-кисличный зеленомошный (8Ос1Е1С+Б; ≈ 65 лет; 24 м). Сообщества с наиболее старым древостоем расположены дальше от опушки, поэтому возраст изученных лесов не только позволяет судить о давности нарушения, но и отражает процесс заселения залежи древесной растительностью.

Проективное покрытие (ПП) вида в фитоценозе рассчитывалось как среднее значение ПП вида на 60 рамках площадью 0,1 м² каждая. Для изученных сообществ попарно были оценены коэффициенты сходства флористического состава (KS) и ПП видов (KG) (таблица).

Наиболее высокое сходство (более 50 %) с лугом крупнотравно-вейниковым как по составу видов сосудистых растений, так и по их участию, имеет 10-летний осинник крупнотравно-вейниковый. В лесных сообществах со средним возрастом древостоя 20 лет с лугом сохраняется высокое флористическое сходство, но участие видов в сложении напочвенного покрова отличается (сходство 46 %). Осинники со средним возрастом древесного яруса 55 и 65 лет, являясь аналогичными ассоциациями одной давности нарушения, похожи по видовому составу (сходство 67 %), но не по участию видов (сходство

32 %). Таким образом, флористический и ценотический состав сосудистых растений напочвенного покрова в процессе формирования осинового леса на залежи заметно меняется на участках с давностью зарастания более 20 лет.

Таблица. Флористическое сходство (K_S) и сходство ПП растительных сообществ (K_G), %

K _S	возраст древостоя, ~лет				
	0	10	20	55	65
0	100	76	72	36	32
10		100	62	39	36
20			100	40	39
55				100	67
65					100

K _G	возраст древостоя, ~лет				
	0	10	20	55	65
0	100	57	46	16	6
10		100	50	17	7
20			100	15	10
55				100	32
65					100

Принадлежность видов к эколого-ценотическим группам (ЭЦГ) определяли согласно «Флора сосудистых растений Центральной России» (<https://www.impb.ru/eco/>). В изученных сообществах присутствуют виды 7-и ЭЦГ. Наиболее распространенные виды бореальной группы (Br) – это *Calamagrostis arundinacea*, *Oxalis acetosella*, *Maianthemum bifolium*, *Rubus saxatilis*, *Luzula pilosa*, *Vaccinium vitis-idaea*, *V. myrtillus*, *Trientalis europaea*, *Solidago virgaurea*, *Circaea alpina*. В луговую ЭЦГ (Md) вошли *Angelica sylvestris*, *Centaurea phrygia*, *Prunella vulgaris*, *Lathyrus pratensis*, *Vicia cracca*, *Veronica chamaedrys*, *Alopecurus pratensis*, *Phleum pratense*, *Potentilla erecta*, *Carex pallescens*. Во флоре осинников заметное участие имеют виды, требовательные к богатству почвы, поскольку осиновые леса первоначально развиваются на богатых почвах и опад осины способствует почвенному обогащению. В напочвенном покрове во всех изученных фитоценозах есть неморальные (Nm) и нитрофильные (Nt) виды. К группе Nm были отнесены *Anthriscus sylvestris*, *Convallaria majalis*, *Dryopteris carthusiana*, *Paris quadrifolia*, *Melampyrum nemorosum*, *Ranunculus auricomus*, *R. cassubicus*, *Viola riviniana*, *Galium odoratum*, *Milium effusum*, *Actaea spicata*. В группе Nt: *Filipendula ulmaria*, *Lysimachia vulgaris*, *Athyrium filix-femina*, *Crepis paludosa*, *Ranunculus repens*, *Geum rivale*, *Cirsium oleraceum*, *Carduus crispus*. Во всех изученных сообществах отмечены виды водно-болотной ЭЦГ (Wt), которая объединяет прибрежно-водные виды, виды низинных болот и свежего аллювия: *Carex nigra*, *Galium palustre* и *G. uliginosum*, *Juncus effusus*, *Stellaria palustris*. В олиготрофной ЭЦГ (Olg) отмечен 1 вид *Molinia caerulea*. Вид сосновых лесов (Pn) *Calamagrostis epigeios* имеет большее участие в осиннике с возрастом древостоя 20 лет, где 20 % древесного яруса составляет сосна. Флористическое участие видов разных ЭЦГ оценивали, как процентное соотношение количества видов данной ЭЦГ от общего числа видов сообщества. Участие ЭЦГ в сложении напочвенного покрова рассчитывали, как соотношение суммы ПП видов 1-ой ЭЦГ в сообществе к сумме ПП всех видов сообщества.

При зарастании залежи осиновым лесом виды луговой (Md) ЭЦГ длительное время сохраняют присутствие в лесных сообществах, но их участие снижается с 40 % в луговом сообществе до 13 % в старовозрастном осиннике. Одновременно увеличивается количество лесных видов (Br) с 23 % до 78 %. Виды Br ЭЦГ отмечены на лугу и на ранних стадиях зарастания, но при давности зарастания менее чем 20 лет виды Br ЭЦГ в сложении растительного покрова имеют высокое участие в основном за счет обилия 2 видов: вейника тростникового и осоки влагалищной. С увеличением возраста древесного яруса (давность нарушения более 20 лет) наблюдается резкое повышение участия видов Br в напочвенном покрове (примерно 50 %). Nt и Nm ЭЦГ отмечены на всех этапах восстановления и являются видами, характеризующими богатство местообитания. Виды Olg, Pn, Wt ЭЦГ иллюстрируют наличие неоднородности почвенно-грунтовых условий местообитания.

НЕЙРОСЕТЕВОЙ МОНИТОРИНГ СВЕТООТРАЖАТЕЛЬНЫХ СПЕКТРОВ СОРНЫХ И КУЛЬТУРНЫХ РАСТЕНИЙ

Н. И. Воробьев¹, А. К. Лысов², С. С. Ладан³, В. Н. Пищик¹

¹ Всероссийский научно-исследовательский институт сельскохозяйственной микробиологии, Санкт-Петербург, Россия, Nik.IvanVorobyov@yandex.ru

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

³ Всероссийский научно-исследовательский институт агрохимии имени Д.Н. Прянишникова, Москва, Россия

NEURAL NETWORK MONITORING OF LIGHT-REFLECTING SPECTRA OF WEEDS AND CULTIVATED PLANTS

N. I. Vorobyov¹, A. K. Lysov², S. S. Ladan³, V. N. Pishchik¹

¹ All-Russia Research Institute for Agricultural Microbiology, St. Petersburg, Russia, Nik.IvanVorobyov@yandex.ru

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

³ Pryanishnikov Institute of Agrochemistry, Moscow, Russia

Существующие вычислительные алгоритмы обработки светоотражательных спектров растений в основном используют для индикации сорных и культурных растений, селекции междурядий и грядок, что не исключает пропуск сорных растений, выросших на грядках с культурными растениями. Вегетационные индексы, вычисляемые по данным двухполосных оптических камер, ориентируются на эффект поглощения красного света хлорофиллом растений. Хлорофилл присутствует в листьях культурных и сорных растений. Поэтому вегетационные индексы не могут использоваться для мониторинга сорных и культурных растений. Для мониторинга сорных и культурных растений необходимо применить новейшую информационную технологию, основанную на искусственных нейронных сетях. Нейросетевая вычислительная программа способна обработать мультисканальные светоотражательные спектры растений и в тонкой структуре этих спектров выделить признаки сорных растений (подорожник большой и хвощ полевой) и растений капусты. Нейросеть приобретает способность извлекать из спектров информацию о принадлежности светоотражательных спектров к сорным и культурным растениям после того, как она проходит этап обучения и эвристического поиска алгоритма преобразования спектральных светоотражательных данных растений в безразмерный индекс когнитивной значимости светового спектра $CSI = 0..10$. В результате, используя вычисленные значения индекса $CSI = 7,5$ (для сорных растений); $CSI = 2,4$ (для растений капусты) и, подставляя эти значения в информационный фрейм светоотражательного спектра растений, удастся получить управляющий цифровой сигнал, который в реальных полевых условиях позволит роботизированному устройству обработать пестицидами только сорные растения. Таким образом, мультисканальные оптические камеры с нейросетевым программным обеспечением позволяют повысить экономичность обработки сорных растений пестицидами и снизить уровень загрязнения аграрных территорий агрохимикатами.

СОРНЫЕ РАСТЕНИЯ В АГРОЦЕНОЗЕ КАРТОФЕЛЯ

А. В. Заушинцева, С. В. Свиркова, Л. Ю. Шамина, Е. Н. Брюхачев

Сибирский федеральный научный центр агробιοтехнологий Российской академии наук (СФНЦА РАН), Кемеровский научно-исследовательский институт сельского хозяйства – филиал СФНЦА РАН, Кемерово, Россия, alexaz58@yandex.ru

WEEDS IN THE POTATO AGROCENOSIS

A. V. Zaushintsena, S. V. Svirkova, L. Yu. Shamina, E. N. Bryukhachev

Siberian Federal Research Center of Agro-BioTechnologies of the Russian Academy of Sciences (SFSCA RAS), Kemerovo Research Institute of Agriculture – division of the SFSCA RAS, Kemerovo, Russia, alexaz58@yandex.ru

По многочисленным исследованиям российских специалистов по защите растений от сорняков выявлена тенденция к их существенному увеличению в полевых севооборотах, особенно с короткой ротацией. Ввиду изменения формы собственности появилась тенденция к упрощению схемы защиты растений картофеля от поражения болезнями, повреждения насекомыми. Чаще стали использовать только химические средства, упуская возможности интегрированной технологии, которая всегда оправдывает применение комплекса агротехнических и биологических мероприятий, позволяющих в меньшей степени допускать загрязнение почв и растениеводческой продукции токсичными соединениями, способными мигрировать в более глубокие слои почвы и даже в грунтовые воды, накапливаться в клубнях, так как они фактически весь теплый сезон находятся в сфере верхнего почвенного горизонта.

В последние 7–10 лет заметно ослабление контроля за ввозом посевного и посадочного материала в Россию и его перемещением на межрегиональном уровне. С ним проникает много биологически вредных и даже карантинных насекомых, возбудителей болезней, а также семян ранее не выявленных сорняков. Диагностика в данном направлении должна сохраняться и служить основой для разработки интегрированных технологий по защите картофеля не только на производственных полях, но и в селекционно-семеноводческих севооборотах научно-исследовательских учреждений. Результаты, полученные в динамике по годам, позволят принять научно обоснованное решение по ведению здоровой культуры картофеля в регионах.

Исследования особенно актуальны в связи с ведением селекции картофеля на иммунитет к заболеваниям и устойчивости к повреждению насекомыми, так как в том и другом случае могут оказаться сопряженные заболевания и активный перенос инфекции от сорной растительности на биоматериал селекционных и семеноводческих питомников.

Проведено обследование посадок картофеля в селекционном питомнике конкурсного сортоиспытания. Выявлено 9 видов двудольных сорных растений. По высоте они варьировали от 27,5 см (марь остистая) до 83,0 см (марь белая). В связи с такой широкой вариабельностью признака разделены на 3 группы: растения верхнего яруса, среднего и нижнего. В первую группу внесены сорняки, побеги которых существенно превышают основной ярус надземной биомассы картофеля: куриное просо (*Echinochloa crus-galli* (L.) Beauv.), щирица запрокинутая (*Amaranthus retroflexus* L.), марь белая (*Chenopodium album* L.), просо волосовидное (*Panicum capillare* L.). Первые два вида значатся в семействе Амарантовые, а просо волосовидное входит в семейство Злаки. Первые два вида отличаются более поздним типом развития, а марь белая и просо волосовидное быстро всходят и активно наращивают надземную сферу, формируют много семян. Их вредоносность заключается в том, что они способны формировать большое количество семян и долгие годы сохраняться в почве, как в депо семян и других зачатков жизни. В средний ярус отнесены: чистец однолетний (*Stachys annua* L.) из семейства Яснотковые,

щетинник зеленый (*Setaria viridis* L.) из семейства Злаки, или Мятликовые, и паслен черный (*Solanum nigrum* L.) из семейства Пасленовые, что свидетельствует о его вредоносности, связанной с заражением картофеля одноименными заболеваниями разной природы происхождения, включая вирусные, бактериальные и грибные инфекции.

Для нижнего яруса характерны марь остистая (*Chenopodium aristatum* L.) из семейства Маревые и просвирник мутовчатый *Malva verticillata* L. (*M. meluca* (Fraebn.) P. Medw.), входящий в семейство Мальвовые. Первый из них появился в популяциях сорных растений агроценозов картофеля не более пяти лет назад и предполагается, что он завезен с семенами многолетних трав, которые в учреждении выращивают. Просвирник широко распространен в условиях Западной Сибири.

Учет доли вегетативных органов в общей биомассе растений показал, что побеги занимают наибольшую – от 41,7 % у паслена черного до 62,5 % у куриного проса и мари остистой. Доля соцветий варьирует от 20,4 % до 28,6 %, а листьев – от 17 % до 34 %. Выявлено, что щетинник зеленый появился в посадках в середине августа, что несколько сдерживает его вредоносность.

Многие исследователи стараются усовершенствовать методики оценки засоренности посадок картофеля и посевов других полевых культур. Для этого перспективно использовать беспилотные летательные аппараты. В научной литературе уже появились публикации в этом отношении. За основу берется цветовая гамма сорных и культурных видов растений, основанная на продуктах фотосинтеза, то есть оттенках пигментов, которые в разном количестве накапливаются в биомассе. Нами исследованы разные органы сорняков в соответствии с полноценным развитием растения. При этом выделяли количество хлорофиллов и каротиноидов. Установлены различия в накоплении пигментов как на видовом уровне, так и на организменном (рисунок).

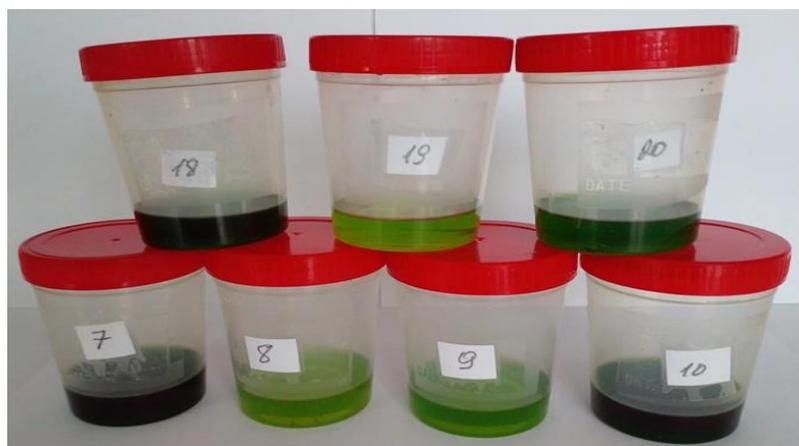


Рисунок. Растворы пигментов в листьях сорных растений

В большем количестве пигменты хлорофиллов формируются в листьях (59,51–111,25 мг/л), при этом максимальные значения характерны для растений верхнего яруса (щирца запрокинутая, просо волосистое). Меньше всего выявлено у растений нижнего яруса (марь остистая, просвирник мутовчатый), что связано с меньшей его освещенностью.

Исследование засоренности питомника конкурсного сортоиспытания картофеля подтвердило необходимость регулярного фитоконтроля и разработки новых инновационных методов оценки засоренности посадок, с использованием которых можно оптимизировать этот процесс.

АГРОХИМИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ ДИНАМИКИ СЕГЕТАЛЬНОГО ФИТОЦЕНОЗА ПРИ ТЕХНОЛОГИЯХ NO-TILL

С. С. Ладан¹, Г. Р. Хасанова², Е. А. Алекперова³

¹ Всероссийский научно-исследовательский институт агрохимии имени Д.Н. Прянишникова, Москва, Россия, s.ladan@bk.ru

² Уфимский федеральный исследовательский центр Российской академии наук (УФИЦ РАН), Башкирский научно-исследовательский институт сельского хозяйства – обособленное структурное подразделение УФИЦ РАН, Уфа, Россия

³ ООО Агростат, Москва, Россия

AGROCHEMICAL ASPECTS OF THE DYNAMICS OF SEGETAL PHYTOCENOSSES UNDER NO-TILL TECHNOLOGIES

S. S. Ladan¹, G. R. Khasanova², E. A. Alekperova³

¹ Pryanishnikov Institute of Agrochemistry, Moscow, Russia, s.ladan@bk.ru

² Ufa Federal Research Center of the Russian Academy of Sciences (UFRC RAS), Bashkir Research Institute of Agriculture – subdivision of the UFRC RAS, Ufa, Russia

³ Agrostat LLC, Moscow, Russia

Применение пестицидов на сельскохозяйственных землях сильно отстает от показателей ведущих экономик, однако находится на сопоставимом уровне. Анализ использования химических средств контроля нежелательных объектов в агрофитоценозах является объектом научного внимания исследовательских сообществ и предметом споров и обсуждений экоактивистов и мейнстрима лоббистов зеленой повестки. Экономические реалии изменения климата и увеличения народонаселения не позволяют полностью переключиться на биологические средства защиты. Особенно с учетом того, что в группе гербицидов отсутствуют биологические препараты для применения в посевах ведущих культур. Основными характеристиками рынка пестицидов во всем мире является весомое преобладание группы гербицидов над инсектицидами, фунгицидами и т. д. Однако весь методологический инструментарий существующих геоботанических практик построен на допущении равенства условий – то есть агрофитоценоз рассматривается как совокупность фитоценозов полей, возделываемых по некой усредненной зональной технологии, отражающей оптимальную сельскохозяйственную практику.

Фитотоксикологические ограничения релевантности ботанических описаний агрофитоценозов необходимо признать как существенное препятствие и как направление для методологического развития фитоценологии и геоботаники как науки. Существующие реалии, выражающиеся в фактическом редуцировании севооборота до чередования культур, использования новейших технологий тотального прессинга сеgetального ценоза типа технологии Clearfield (Клеарфилд), Евро-Лайтнинг, strip-till, no-till и mini-till полностью выпадают из внимания геоботаников, специализирующихся на агроландшафтах. Методологически пока нет возможности отразить существующее положение с имидозолинонами или сульфонилмочевинами и прочими действующими веществами, вызывающими отдаленные ограничения по севообороту до 36 месяцев. Какова динамика сеgetальной флоры на таких полях – вопрос более чем открытый: нет даже рамок методологического подхода.

В рамках изучения фитоценозов культур, возделываемых по программам минимальных обработок с оставлением мульчирующего слоя и многократным использованием истребительных гербицидов широкого спектра, установлена направленность изменений, связанная с обеднением сообществ, усилением мозаичности и контрастности на фоне некоторых тенденций к мезофитизации сорно-полевых сообществ. Эколого-геоботанический анализ полученных результатов обозначил необходимость широкого

использования цифровых методов: ГИС-технологий, БПЛА-картирования с использованием светоотражательных индексов и точной локализацией. Показана результативность 5-летнего наблюдения с точечной навигационной привязкой с использованием данных о действующих веществах примененных гербицидов и их фитотоксической направленности. Анализ объема и связей учитываемых показателей в динамике и пространстве показал актуальность применения высокопроизводительных нейросетевых методов. Так, например, при предварительно-рекогносцировочных запросах нейросеть определила, что режимы осадков второй и третьей декады июня и первой декады октября предыдущего вегетационного сезона являются наиболее важными экологическими предикторами состава сеgetального сообщества на полях no-till.

А. И. МАЛЬЦЕВ – КРУПНЕЙШИЙ СПЕЦИАЛИСТ ПО СОРНОЙ РАСТИТЕЛЬНОСТИ И СИСТЕМАТИК РОДА *AVENA* L.

И. Г. Лоскутов

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

A. I. MALTSEV WAS A LEADING WEED EXPERT AND TAXONOMIST OF THE GENUS *AVENA* L.

I. G. Loskutov

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

Александр Иванович родился 8 (20) июня 1879 г. в с. Чернянка Новооскольского уезда Курской губернии в семье учителя. В 1901 г. он поступил в Юрьевский университет, который окончил в 1908 г. по специальности «ботаника». Научные исследования Мальцев начал, еще будучи студентом университета. Уже в студенческие годы определилось основное направление его научных интересов – изучение сорных растений, этой лабильной группы высших растений, неразрывно связанной с земледелием. Ко времени окончания университета А. И. Мальцевым было опубликовано уже 8 работ, посвященных сорнякам. 1 апреля 1908 г. Александр Иванович был зачислен на службу в Бюро «для изучения возделываемых и сорных растений». Вся будущая 40-летняя научная деятельность Александра Ивановича неразрывно связана с Бюро по прикладной ботанике и с созданными на его основе учреждениями (Личное дело А. И. Мальцева, архив ВИР).

С 1917 по 1924 г. А. И. Мальцев заведовал Степной опытной станцией Бюро по прикладной ботанике, а с 1924 г. был бессменным руководителем отдела сорных растений, ближайшим соратником Н. И. Вавилова. Первые письма Н. И. Вавилова, адресованные А. И. Мальцеву, датированы 1914 г.

Первоначальная программа изучения сорняков в основе своей была предложена Александру Ивановичу в 1923 г. Н. И. Вавиловым. Эта программа долгие годы служила основой исследований не только для А. И. Мальцева, но и для многих поколений сорняковедов. Главные ее положения не утратили своего значения и до наших дней. Изучение сорных растений осложнялось отсутствием в то время необходимых методик. Александр Иванович создает методики определения засоренности посевов, зерна, почвы. Многими из них пользуются и в настоящее время.

Необычайная эрудиция Александра Ивановича позволила ему изучать сорные растения нашей страны в различных аспектах. Особенно большое значение придавал он познанию их биологии, понимая, что это единственно правильный путь для организации борьбы с ними. Будучи биологом широкого профиля, А. И. Мальцев показал, что сорно-полевая флора является самостоятельной, но связанной в своем становлении с культурной флорой; экологически самой лабильной, подвижной в пространстве. В качестве основных вопросов изучения сорно-полевой флоры СССР Александр Иванович, следуя рекомендациям Н. И. Вавилова, включил изучение видового состава, выявление основных засорителей сельскохозяйственных культур, установление границ распространения видов сорных растений, изучение способа их распространения и биологии. Все эти исследования легли в основу разработки рациональных мер борьбы с сорно-полевыми растениями в СССР (Соратники..., 2017).

В течение 20 лет он занимался изучением овсюгов и овсов и в результате опубликовал классическую монографию «Овсюги и овсы». Этот труд является вершиной научной деятельности Александра Ивановича, он вошел неоценимым вкладом в фонд отечественной и мировой науки и до сих пор является основой работ по систематике,

биологии и генетике рода *Avena* L. Н. И. Вавилов очень высоко ценил эти исследования Александра Ивановича. Так, 30 марта 1914 г. он пишет из Лондона: «Глубокоуважаемый Александр Иванович, очень рад, что смог выполнить Вашу просьбу о сфотографировании овсюга в Линнеевском гербарии в Лондоне. Как идет разработка овсюгов? С нетерпением жду опубликования Ваших работ по этой части... Ваш Н. Вавилов». А в письме от 7 января 1930 г. Николай Иванович сообщает Г. Д. Карпеченко: «Жизнь идет полным ходом. Вышла монография «Овсюги». Ею А. И. Мальцев обеспечил себе бессмертие. Книга, которой можем гордиться» (Лоскутов, 2009).

Коллекции Александра Ивановича отличаются тщательностью и полнотой сборов, до сих пор они, особенно гербарий рода *Avena* L., привлекают внимание зарубежных и отечественных ботаников при систематических разработках. Гербарий Мальцева по сорным растениям нашей страны стал основой создания в ВИР уникальной гербарной коллекции сорных растений, которая ныне насчитывает более 60 тыс. гербарных листов.

Александр Иванович опубликовал 122 работы, в том числе такие капитальные труды, как двухтомный «Атлас важнейших видов сорных растений СССР» (1937, 1939) с прекрасными рисунками, включающий подробное описание морфологии, географии, экологии, биологии 80 видов с указанием мер борьбы с ними и «Сорная растительность СССР» – учебное пособие по борьбе с сорными растениями для высших и средних сельскохозяйственных учебных заведений, выдержавшее три издания. Под руководством Александра Ивановича и при его непосредственном участии выпущена четырехтомная монография «Сорные растения СССР» (1934, 1935), а также сводка «Районы распространения важнейших сорных растений СССР», снабженная картами ареалов важнейших видов сорных растений страны (Личное дело А. И. Мальцева, архив ВИР).

Заслуги А. И. Мальцева перед отечественной наукой были высоко оценены: с 1935 г. он состоял действительным членом ВАСХНИЛ, в 1937 г. без защиты диссертации ему была присуждена ученая степень доктора сельскохозяйственных наук. За разработку мероприятий по борьбе с сорными растениями А. И. Мальцев был награжден в 1940 г. Малой золотой медалью Всесоюзной сельскохозяйственной выставки.

Помимо прямых служебных обязанностей, А. И. Мальцев возглавлял секцию по борьбе с сорняками при ВАСХНИЛ, был членом Технического совета Наркомата земледелия СССР, проводил всесоюзные совещания и готовил материалы для специальных правительственных постановлений по борьбе с сорняками. Одновременно он читал лекции в вузах, на различных курсах, чем в немалой степени способствовал подготовке специалистов как для научных исследований, так и для борьбы с сорными растениями (Личное дело А. И. Мальцева, архив ВИР).

Александр Ивановичу, как и всему поколению соратников Н. И. Вавилова, пришлось перенести немало тяжелых моментов. 28 июня 1941 года за якобы «вредительскую деятельность», будто бы осуществляемую им как членом «Трудовой крестьянской партии», он вместе с другими сподвижниками репрессированного ранее Н. И. Вавилова – Н. В. Ковалевым и Г. А. Левицким – был арестован, осужден по 58-й статье и находился в заключении вплоть до мая 1945 года. После чего вместе с Н. В. Ковалевым получил назначение, а фактически был выслан в Пресновский район Северо-Казахстанской области, в мясо-молочный совхоз «Буденновский», откуда в 1946 году был переведен на Майкопскую опытную станцию ВИР. Ни один ученый совет на опытной станции не обходился без его самого активного участия, фактически все они проводились под эгидой его непререкаемого авторитета и колоссальных знаний. К нему как патриарху отечественной биологической науки и в высшей степени незаурядной, неординарной личности инстинктивно тянулась местная научная молодежь. Несмотря ни на какие невзгоды, он всегда оставался жизнелюбивым, доброжелательным и энергичным человеком (Соратники..., 2017).

Умер Александр Иванович 5 апреля 1948 г. на 69-м году жизни. Он похоронен на территории станции на красивом, высоком месте, которое еще при жизни выбрал сам.

ФОРМИРОВАНИЕ ЗАСОРЕННОСТИ ПОСЕВА В УСЛОВИЯХ СКЛОНОВОГО РЕЛЬЕФА МЕСТНОСТИ

Н. А. Нужная, И. А. Филатова

Воронежский федеральный аграрный научный центр им. В.В. Докучаева,
Воронежская область, Россия, niish1c@mail.ru

THE PROCESS OF CROP CONTAMINATION WITH WEEDS ON SLOPING TERRAIN

N. A. Nuzhnaya, I. A. Filatova

Voronezh Federal Agrarian Research Center named after V.V. Dokuchaev,
Voronezh Province, Russia, niish1c@mail.ru

Особенности рельефа Центрально-Черноземной зоны таковы, что 56 % пашни расположено на склонах более 1°, в том числе 20 % – на склонах более 3°. Вместе с тем известно, что склоновые земли по своим почвенно-климатическим условиям сильно отличаются от равнинных земель. В отличие от равнин для них свойственно крайне неравномерное поступление тепла, света, осадков. Наиболее выражено различия проявляются на склонах противоположных экспозиций, что существенно отражается на формировании и развитии агрофитоценоза в целом, его экологической устойчивости и фитосанитарном состоянии.

Известно, что основными конкурентами культурных растений в агрофитоценозе за факторы жизни являются сорняки. Они перехватывают у культур пищу, свет, влагу. Причем в условиях склонового агроландшафта эти отношения еще более обостряются, так как здесь отмечается крайне неравномерное их (факторов жизни) распределение.

Современные адаптивно-ландшафтные системы земледелия призваны учитывать все элементы ландшафта, а также реакцию окружающей среды на них. Поэтому при планировании и проведении фитосанитарных мероприятий в первую очередь следует исходить из агроэкологических особенностей развития агрофитоценоза в целом и его сорного компонента в частности.

Исследования, проведенные нами на полярно ориентированных склонах, показали, что видовая насыщенность сорного компонента агрофитоценоза озимой пшеницы на склоне северной экспозиции выше, чем на южной. В среднем за годы исследований на склоне северной экспозиции было отмечено порядка 15–17 видов сорных растений, южной – 10–13. Наибольшее количество видов принадлежало к группе зимующих сорняков. При этом было отмечено, что более влажный склон северной экспозиции предпочитают фиалка полевая *Viola arvensis*, ромашка непахучая *Matricaria perforata*, дрема белая *Melandrium album*. Южная экспозиция склона более комфортна для живокости полевой *Consolida regalis*. Ее количество здесь было в 8,4 раза больше, чем на склоне северной экспозиции. Толерантной к условиям произрастания была дрема белая *Melandrium album*. В среднем за годы исследования в количественном выражении доля зимующих сорных растений на склоне северной экспозиции составляла 46,5 %, южной – 62,6 %.

Доля яровых сорняков в агрофитоценозе озимой пшеницы менее значительна, но и она, как показали исследования, зависит от экспозиции склона. На склоне южной экспозиции сорняки из данной биогруппы в агрофитоценозе озимой пшеницы представлены небольшим количеством видов. При этом они, как правило, находятся в нижнем ярусе и не составляют конкуренции посевам пшеницы. На склоне северной экспозиции состав яровых сорняков более разнообразен, а их плотность на единице площади в период исследований была в 3 раза больше, чем на южной. Приоритет северной экспозиции отдавали гречишка вьюнковая *Fallopia convolvulus* и марь белая *Chenopodium*

album. В среднем на долю данной группы сорняков приходилось 20,5 % засорения на северной экспозиции склона и 6,6 % на южной.

Наиболее конкурентоспособной группой сорняков в посевах озимой пшеницы являются многолетники. Наши исследования показали, что численность и видовое разнообразие сорняков данной биогруппы не зависит от экспозиции склона. В количественном выражении в агрофитоценозе озимой пшеницы, как на северном, так и на южном склоне преобладал вьюнок полевой *Convolvulus arvensis*, далее по обилию на единице площади следовали бодяк полевой *Cirsium arvense* и осот полевой *Sonchus arvensis*. Ранее выполненные нами исследования показали, что засоренность многолетними сорняками практически не зависит от условий внешней среды (в частности, погоды), а их контроль в агрофитоценозе происходит в зависимости от интенсивности и степени антропогенного воздействия.

В целом оценка видového сходства сорного компонента агрофитоценоза озимой пшеницы на северном и южном склоне с помощью коэффициента Жаккара, значения которого в период исследований находились в диапазоне от 0,48 до 0,63, показала, что мера сходства состава сорняков составляет в среднем порядка 55 %, а различий – 45 %.

Таким образом, проведенными исследованиями было установлено и математически подтверждено, что склоны полярных экспозиций характеризуются существенными различиями в формировании ботанического состава сорных растений. При этом склон северной экспозиции, в силу складывающихся на нем более влажных условий, отличается и большим разнообразием видов и более высокой плотностью их размещения.

РОД *LAMIUM* L. В ГЕРБАРИИ СОРНЫХ РАСТЕНИЙ (WIR)

М. А. Первушева¹, И. В. Варганова²

¹ Российский государственный педагогический университет им. А.И. Герцена, Санкт-Петербург, Россия

² Федеральный исследовательский центр Всероссийский институт генетических ресурсов растений имени Н.И. Вавилова (ВИР), Санкт-Петербург, Россия, i.varganova@vir.nw.ru

THE GENUS *LAMIUM* L. IN THE HERBARIUM OF WEEDY PLANTS (WIR)

M. A. Pervusheva¹, I. V. Varganova²

¹ Herzen University, St. Petersburg, Russia

² N.I. Vavilov All-Russian Institute of Plant Genetic Resources (VIR), St. Petersburg, Russia, i.varganova@vir.nw.ru

Представители рода *Lamium* L. широко распространены по Земному шару. Всего в мире насчитывается около 50 видов рода *Lamium*, наиболее распространенными сорными из них являются 13 видов (Никитин, 1983). Вопрос о встречаемости представителей рода как сорных растений в разные исторические периоды изучен недостаточно.

Цель работы – выявить виды рода *Lamium* сем. *Lamiaceae* Lindl. в гербарии сорных растений WIR. В задачи исследования входило: 1. Характеризовать таксономическое разнообразие сорных видов рода *Lamium*; 2. Произвести исторический анализ гербарных образцов по годам; 3. Произвести географический (по местам нахождения) и эколого-ценотический (по местам обитания, культурам-соседям) анализы растений рода *Lamium*.

Использованные в данной работе материалы – это гербарий рода *Lamium* в гербарной коллекции сорных растений WIR. Названия таксонов приводились в соответствии с перечнем наименований сосудистых растений С. К. Черепанова (Сзерепанов, 1995). Для проведения географического анализа место нахождения образца, указанного на гербарной этикетке, сопоставлялось с флористическим районированием по «Культурной флоре Земного шара (Вульф, 1987). Для проведения исторического анализа были выбраны исторические периоды, отражающие этапы развития сельского хозяйства и связанные с технологиями обработки почвы (Коротченя, 2016). Анализ местообитаний производили путем отнесения местонахождения и местообитания к одному из типов местообитаний: садовая растительность (сегетальная), мусорная (рудеральная) и растительность естественных угодий (вторичная) (Мальцев, 1962). В исследовании к рудеральным местообитаниям относили места сбора, расположенные в населенных пунктах или в непосредственной близости к ним, места стройки, вдоль дорог, железнодорожные насыпи, мусорные места. К сегетальным: агроценозы (поля, сады, огороды, поля под паром). К вторичным: местообитания, возникшие под воздействием не антропогенного фактора: сенокосные луга, залежи, межи, выгоны, канавы, поймы рек, берега озер, разделительные полосы, осыпи, опушки. Анализ состава засоряемых культур производили по сведениям с гербарных этикеток, разделив культурные растения по категориям использования: овощные, плодовые, зерновые, масличные, кормовые и декоративные (Жуковский, 1971).

Таксономический анализ показал, что род *Lamium* в семействе *Lamiaceae* представлен в гербарии сорных растений WIR 7 видами, 202 образцами на 345 гербарных листах. Вид *L. album* (41 образец), *L. amplexicaule* (51 образец), *L. barbatum* (1 образец), *L. hybridum* (7 образцов), *L. maculatum* (10 образцов), *L. moluccellifolium* (1 образец), *L. purpureum* (90 образцов) и 1 неопределенный вид *Lamium* sp. Все изученные образцы были собраны в период с 1887 г. по 1993 г. До 1900 г. в период традиционного сельского хозяйства были собраны 4 (~2 %). В переходный период сельского хозяйства собрано 62 образца: с 1901 г. до 1917 г. – 33 (16 %), с 1918 по 1950 – 29 (~14 %). К периоду

механизированного сельского хозяйства (с 1951 по 1993) было собрано 133 (~66 %) образцов. Есть также 4 (~2 %) образца, год сбора которых неизвестен. Наиболее ценные образцы коллекции, собранные до революции 1917 года, составляют ~18 % всех образцов видов рода *Lamium*.

По результатам географического анализа выявлено ~ 63 % гербарных образцов в восточно-европейской области земной поверхности, ~19 % образцов собрали на территории Восточно-средиземноморской подобласти Средиземноморской области, ~9,5 % – в западноевропейской области (северная и центральная Европа); ~2,5 % – в западно-центрально-средиземноморской области (юго-западная часть Европы). Среди образцов есть 3 гербария из Сибирско-центрально-азиатской области, 1 – из Австралийской области и 8 – из Североамериканской области.

В рудеральных местообитаниях были собраны 29 (14 %) образцов, в естественных угодьях (вторичных местообитаниях) – 25 (12 %), в сегетальных – 121 (59 %), 30 (15 %) образцов – нет данных о местообитании. Среди исследованных образцов в рудеральных местообитаниях наиболее часто встречается яснотка белая (~8 %), в сегетальных – яснотка пурпурная (~31 %), во вторичных – яснотка белая (~5 %).

93 образца содержат упоминания о 27 соседствующих культурах. Наиболее часто образцы были собраны в агроценозах овощных и зерновых культур, а именно в посевах картофеля и ячменя (16 образцов / 6 видов рода *Lamium* и 9 образцов / 3 вида рода соответственно). Суммарно наибольшее количество образцов, вошедших в гербарий (29 растений), соседствует с плодовыми культурами. 111 образцов, произрастающих в сегетальных местообитаниях, не содержат информации о соседствующих культурах.

Исследование выполнено в рамках темы FGEM-2022-0006 «Раскрытие научного потенциала гербарной коллекции ВИР как особой специфической единицы хранения мирового агробиоразнообразия для научно обоснованной мобилизации, эффективного изучения и сохранения генофонда культурных растений и их диких родичей».

Список литературы

Вульф Е. В. Культурная флора Земного шара: (списки таксонов по флористическим комплексам) / под ред. М. Г. Агаева. Ленинград, 1987. 324 с.

Жуковский П. М. Культурные растения и их сородичи: Систематика, география, цитогенетика, иммунитет, экология, происхождение, использование. 3-е изд., перераб. и доп. Ленинград : Колос, [Ленингр. отд-ние], 1971. 751 с.

Коротченя В. М. Техническая эффективность сельского хозяйства России // Вопросы экономики. 2016. № 4. С. 144-155. DOI: 10.32609/0042-8736.2016.4-144-155

Никитин В. В. Сорные растения флоры СССР / отв. ред. И. Т. Васильченко. Ленинград : Наука, Ленингр. отд-ние, 1983. 453 с.

Мальцев А. И. Сорная растительность СССР и меры борьбы с ней. 4-е изд., перераб. и доп. проф. П. П. Заевым и доц. М. П. Федосеевой. Ленинград ; Москва : Сельхозиздат, 1962. 271 с.

Czerepanov S. K. Vascular Plants of Russia and Adjacent States (the Former USSR). Cambridge University Press, 1995. 528 p.

ИНВАЗИВНЫЕ ВИДЫ ДИКИХ РОДИЧЕЙ КУЛЬТУРНЫХ РАСТЕНИЙ ВО ФЛОРЕ ОСТРОВОВ ИТУРУП, КУНАШИР, ШИКОТАН

Г. В. Таловина

Федеральный исследовательский центр Всероссийский институт генетических ресурсов растений имени Н.И. Вавилова (ВИР), Санкт-Петербург, Россия, g.talovina@vir.nw.ru

INVASIVE SPECIES OF CROP WILD RELATIVES IN THE FLORA OF THE ISLANDS OF ITURUP, KUNASHIR, AND SHIKOTAN

G. V. Talovina

N.I. Vavilov All-Russian Institute of Plant Genetic Resources (VIR), St. Petersburg, Russia, g.talovina@vir.nw.ru

Доля заносных видов во флоре Курильских островов составляет 13,7 % от общего числа видов сосудистых растений (Баркалов, 2009). Как отмечают исследователи, наибольшее видовое разнообразие характерно для южных Курильских островов. Здесь климатические условия для натурализации чужеродных видов самые подходящие, а также здесь велико воздействие антропогенного фактора. С целью изучения видового состава диких родичей культурных растений из адвентивной фракции флоры было предпринято настоящее исследование на территории трех южных островов Курильского архипелага. В задачи входило составление списка заносных видов из числа диких родичей культурных растений (ДРКР), произрастающих на островах: Итуруп, Кунашир и Шикотан, а также проведение анализа видового состава полученного списка. Материалом исследования послужили литературные источники, данные гербариев, а также экспедиций ВИР на этих территориях. Анализ приводился с помощью стандартных флористических методик с выявлением таксономического состава, географических и эколого-ценотических характеристик видов, их встречаемости на территории островов.

В результате в список вошли 52 заносных вида из общего списка 185 видов ДРКР, произрастающих на исследованных островах, что составило почти 28 % от общего числа видов ДРКР этих островов. Это представители 14 семейств, самое многочисленное из которых – семейство Poaceae (20 видов из 13-ти родов), менее представлены Polygonaceae (8 видов из 3 родов), Fabaceae и Asteraceae (по 5 видов из 3 родов), Brassicaceae (4 вида из 3 родов), Chenopodiaceae (2 вида из одного рода). Остальные семейства имеют в составе лишь по одному заносному виду: *Amaranthus blitoides* S. Wats. (Amaranthaceae), *Carum carvi* L. (Apiaceae), *Borago officinalis* L. (Boraginaceae), *Grossularia reclinata* (L.) Mill. (Grossulariaceae), *Malva moschata* L. (Malvaceae), *Papaver somniferum* L. (Papaveraceae), *Malus toringo* Siebold ex Vriese (Rosaceae), *Solanum nigrum* L. (Solanaceae).

Наиболее разнообразно представлен на островах род *Rumex*, включающий 6 адвентивных видов щавеля, 5 из которых произрастают как в сорных сообществах, так и на разнотравных лугах по горным склонам и морским террасам всех трех островов. Род *Poa* представлен 5 заносными видами мятлики, некоторые из которых очень часто встречаются в характерных фитоценозах по флоре трех островов. Так, *Poa angustifolia* L. очень часто, массово встречается на разнотравных лугах в долинах рек, на обочинах дорог, хотя вопрос с заносным характером его произрастания на островах еще не вполне решен. Другой вид, *Poa annua* L., также очень часто встречающийся по морским или речным пескам и галечникам, определенно демонстрирует пример инвазии и успешной натурализации в природных растительных сообществах всех исследуемых островов. Напротив, *Poa compressa* L. пока фиксируется только как редкий занос на обочинах дорог острова Итуруп. Всего на острове Итуруп произрастает 38 видов из составленного списка, 44 вида – на Кунашире и 28 – на Шикотане.

25 видов из списка могут иметь кормовое значение, 16 – пищевое, 5 – лекарственное, декоративное, техническое, 3 – медоносное. Среди заносных видов ДРКР преобладают многолетние травы, также нередко однолетники, единичны древесные, кустарниковые виды – это культивируемые и иногда дичающие *Malus toringo* и *Grossularia reclinata*.

Настоящее исследование проведено в рамках реализации государственного задания ВИР по проекту № FGEM-2022-0006 «Раскрытие научного потенциала гербарной коллекции ВИР как особой специфической единицы хранения мирового агробιοразнообразия для научно обоснованной мобилизации, эффективного изучения и сохранения генофонда культурных растений и их диких родичей».

РАСПРОСТРАНЕНИЕ *ASCLEPIAS SYRIACA* L. В РАЗЛИЧНЫХ МЕСТООБИТАНИЯХ АГРОЛАНДШАФТОВ ЮГА СРЕДНЕРУССКОЙ ВОЗВЫШЕННОСТИ

В. И. Чернявских

¹ Федеральный научный центр кормопроизводства и агроэкологии им. В.Р. Вильямса, Лобня, Россия, dumacheva@vniikormov.ru

DISTRIBUTION OF *ASCLEPIAS SYRIACA* L. IN DIFFERENT HABITATS OF AGRICULTURAL LANDSCAPES IN THE SOUTH OF THE CENTRAL RUSSIAN UPLAND

V. I. Cherniavskih

Federal Williams Research Center of Forage Production and Agroecology, Lobnya, Russia, dumacheva@vniikormov.ru

Asclepias syriaca L. – вид-интродуцент, относящийся к многочисленному североамериканскому роду *Asclepias*, в котором, по разным данным, насчитывается от 100 до 120 видов. Первоначально использовался в культуре как декоративное растение и кормовая база пчеловодства. Доказано, что *A. syriaca* – эргазиофит, который активно распространяется из культуры и способен к натурализации в различных почвенно-климатических, особенно в антропогенно-трансформированных ландшафтах. Вид обладает достаточно высокой инвазивной активностью и может представлять угрозу как биоразнообразию естественных растительных сообществ, так и нести экономическую угрозу агроэкосистемам как трудноискоренимый вид (рисунок).



Рисунок. Посевы сои и озимой пшеницы засоренные *Asclepias syriaca* (2018 г.) (фото В. И. Чернявских)

Для оценки динамики распространения *A. syriaca* в агроландшафтах и смежных землях юга Среднерусской возвышенности проведены долгие наблюдения. Исследования начаты в 2012 г в окрестностях с. Кульма Новооскольского городского округа Белгородской области. Был сформирован долгие полигон для стационарных наблюдений общей площадью около 5000 га, в пределах которого были выделены модельные ценопопуляции (ЦП) вида *A. syriaca*, ранее интродуцированного в культуру в этом районе. Изучены местообитания, смежные с пашней, которые могут быть потенциальными резерватами *A. syriaca* и служить источниками его инвазий на пахотные земли, а также пахотные земли севооборотов: ЦП 1 – пахотные земли, координаты: 50°45'16.8"N 37°45'05.6"E, почва темно-серая лесная. ЦП 2 – участок залежи, координаты: 50°45'10.9"N 37°45'01.4"E. ЦП 3 – степное сообщество овражно-балочного комплекса, координаты: 50°46'09.3"N 37°43'24.6"E. ЦП 4 – нижнесклоновая часть овражно-балочного

комплекса с меловыми обнажениями, координаты: 50°46'09.3"N 37°43'25.2"E. ЦП 5 – просека байрачного леса, координаты: 50°45'34.6"N 37°45'02.5"E. ЦП 6 – опушка лесополосы, координаты: 50°45'20.8"N 37°45'32.5"E. Исследования выполняли по единой методике в 2012, 2018, 2023 г. Изучали в почвах содержание подвижных соединений фосфора, калия и гумуса; обилие *A. syriaca* в сообществах по методике Браун-Бланке; морфометрические признаки (масса стебля, высота стебля, количество соплодий на 1 стебле); семенную продуктивность растений; репродуктивное усилие, показывающее долю репродуктивной части растения в общей фитомассе; определяли площадь популяций в различных местообитаниях.

В процессе исследований в условиях агрофитоценозов и смежных земель юга Среднерусской возвышенности выявлена тенденция увеличения площади популяций интродуцированного в культуру, но ставшего инвазивным, вида *A. syriaca* в широком спектре местообитаний. Установлен факт внедрения вида-интродуцента *A. syriaca* в зональные типы степной растительности с тенденцией увеличения его доли в фитоценозах с возможным, в дальнейшем, вытеснении им аборигенных видов. В условиях смежных с агрофитоценозами местообитаниях *A. syriaca* формирует устойчивые полночленные популяции с высокой семенной продуктивностью и высокой надземной фитомассой наиболее продуктивные в экотонных условиях байрачных лесов, лесополос и залежных земель.

Установлено увеличение количества стеблей на единицу площади во всех местообитаниях, за исключением ЦП 1 (экстенсивная пашня), а также увеличение общей фитомассы. Более выраженная динамика увеличения фитомассы отмечена на многолетней залежи (ЦП 2) и в степном сообществе (ЦП 3) – на 40 % и 60 % соответственно. Наиболее стабильной надземная продуктивность *A. syriaca* была на пашне (ЦП 1) и составляла 2,449 кг/м² в 2012 г., 2,260 и 2,269 кг/м² соответственно в 2018 и 2023 г. На просеке в байрачном лесу ЦП 5 обладала максимальной продуктивностью – 5,914 кг/м² в 2012 г., 7,086 кг/м² в 2018 г. и 7,188 кг/м² в 2023 г. при внутривидовом коэффициенте вариации $C_v = 12\text{--}17\%$. Минимальная продуктивность отмечена в степном сообществе (ЦП 3) – 0,218 кг/м² в 2012 г., 0,53 кг/м² в 2018 г. и 6,41 кг/м² – в 2023 г. при внутривидовом коэффициенте вариации $C_v = 4,8\text{--}10,6\%$.

Исследования показали, что в зависимости от местообитания в популяциях *A. syriaca* формируется различное количество соплодий на одном стебле, количество семян в одном соплодии и формируются семена различной выполненности. В целом по всем местообитаниям установлена тенденция повышения семенной продуктивности *A. syriaca* по мере увеличения в почве содержания фосфора и калия, что подтверждено положительной корреляцией средней силы между содержанием в почве подвижного фосфора и семенной продуктивностью $r = 0,621 \pm 0,112$ и калия – $r = 0,649 \pm 0,091$. Не установлено корреляционной связи между рН и семенной продуктивностью *A. syriaca*.

Установлена сильная положительная корреляция между содержанием гумуса и семенной продуктивностью *A. syriaca*.

Вместе с тем установлена тенденция увеличения репродуктивного усилия популяций *A. syriaca* по мере снижения содержания в почве фосфора, что подтверждено отрицательной корреляцией средней силы между содержанием в почве подвижного фосфора и репродуктивным усилием $r = -0,589 \pm 0,118$.

Таким образом, вид обладает высокой способностью к внедрению на возделываемые земли агрофитоценозов, что делает его крайне опасным компонентом сегетальных сообществ Центрально-Черноземного региона, способным причинять значительный экономический ущерб. Необходим мониторинг популяций *A. syriaca* во всех регионах и разработка мер по недопущению его широкого распространения в агрофитоценозах.



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



Национальный центр
генетических ресурсов
растений



ПРЕЗИДЕНТСКАЯ
БИБЛИОТЕКА



МЕРОПРИЯТИЕ № 8. СОХРАНЕНИЕ И РАЗВИТИЕ КАДРОВОГО ПОТЕНЦИАЛА В СФЕРЕ ИЗУЧЕНИЯ И ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ГЕНЕТИЧЕСКИХ РЕСУРСОВ РАСТЕНИЙ – ПОСВЯЩАЕТСЯ ПАМЯТИ Л. В. ХОТЫЛЕВОЙ

EVENT No. 8. PRESERVATION AND DEVELOPMENT OF HUMAN RESOURCES IN THE FIELD OF STUDYING AND USING PLANT GENETIC RESOURCES – DEDICATED TO THE MEMORY OF L. V. KHOTYLEVA



Любовь Владимировна Хотылева (1928–2024) – академик Национальной академии наук Беларуси, выдающийся ученый-генетик, заслуженный деятель науки БССР, лауреат Государственной премии в области науки и технологий.
URL: <https://doi.org/10.30901/2658-6266-2023-1-04>



**ПОДГОТОВКА КАДРОВ ВЫСШЕЙ КВАЛИФИКАЦИИ НА КАФЕДРЕ
ГЕНЕТИКИ, СЕЛЕКЦИИ И СЕМЕНОВОДСТВА РГАУ – МСХА
ИМ. К.А. ТИМИРЯЗЕВА В КОНТЕКСТЕ СОВРЕМЕННЫХ ТРЕБОВАНИЙ АПК**

Е. А. Вертикова

Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К.А. Тимирязева,
Москва, Россия, alexander.d.simagin@yandex.ru

**TRAINING OF HIGHLY QUALIFIED PERSONNEL AT THE DEPARTMENT OF
GENETICS, BREEDING AND SEED PRODUCTION OF THE RUSSIAN STATE
AGRARIAN UNIVERSITY – MOSCOW TIMIRYAZEV AGRICULTURAL ACADEMY
IN THE CONTEXT OF MODERN REQUIREMENTS OF THE AGRO-INDUSTRIAL
COMPLEX**

E. A. Vertikova

Russian State Agrarian University – Moscow Timiryazev Agricultural Academy, Moscow,
Russia, alexander.d.simagin@yandex.ru

Вопрос формирования современного кадрового потенциала в области генетики, селекции и семеноводства требует принятия определенных решений и их последующей реализации. Необходима четко скоординированная опережающая система подготовки специалистов, владеющих современными знаниями на основе достижений науки и IT-технологий. Нужны инновационные подходы к образовательному процессу подготовки, переподготовки и повышения квалификации кадров.

Цель: разработка и совершенствование системы подготовки кадров высшей квалификации в области генетики, селекции и семеноводства.

В современных условиях представление о селекционерах как об ученых, только создающих новые сорта, совершенно устарело. Для селекционера генетика открывает широкие возможности конструирования биологических объектов. Селекционер должен обладать знаниями в области популяционной генетики, генетики количественных признаков, специальных генетико-статистических и цитогенетических методов, особенностей методики полевого опыта в селекции и семеноводстве, биотехнологии и геномной инженерии, применения методов физиологии растений, биохимии, технологии сельскохозяйственных продуктов, экологии, теории развития и иммунитета. Его знания более разносторонни и углублены в использовании специализированной селекционно-семеноводческой техники, современной нормативно-правовой базы и даже в вопросах экономики и организации селекции и семеноводства. Семеноводство менее специфично, чем селекция. Но и подготовка семеновода существенно отличается от подготовки агронома общего профиля. Ее должны отличать глубокие знания законодательной базы селекции и семеноводства, вопросов семеноведения, контрольно-семенного дела, технологии послеуборочной обработки семян и механизированных комплексов, связанных с этой технологией, биотехнологических методов оздоровления и размножения семенного материала, семеноводческой документации.

Кадровое обеспечение аграрного сектора Российской Федерации имеет проблемы такие как «старение кадров», высокая текучесть, которая проявляется и среди руководителей высшего и среднего звена, недостаточный уровень профессионализма. Остро стоит вопрос трансформации новейших научных достижений и инноваций в образовательный процесс подготовки кадров и далее в сельскохозяйственное производство.

В настоящее время в РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева подготовка будущих селекционеров и семеноводов ведется в рамках бакалавриата по направлению 35.03.04 «Агрономия». Для углубленной подготовки селекционеров и семеноводов разработаны

2 профиля: «Генетика растений» и «Селекция сельскохозяйственных культур». В текущем году на 100 % выполнен план приема абитуриентов на места, финансируемые за счет средств федерального бюджета в рамках квоты целевого приема, что свидетельствует о потребности агропромышленного комплекса в специалистах данного профиля.

Подготовка по указанным профилям существенно отличается от подготовки агрономов общего профиля по перечню дисциплин, их продолжительности изучения и информационному наполнению, следовательно, на высоком уровне должен быть организован учебный процесс на основе современных агробιοтехнологий и уникального опыта селекционно-генетических исследований.

На кафедре ведутся работы по изучению исходного материала для создания высокопродуктивных конкурентноспособных сортов основных сельскохозяйственных культур (яровая и озимая пшеница, тритикале, ячмень, овес, лен, люпин). Для этого имеется коллекция полевых культур, которая используется в различных селекционных программах как источник селекционно ценных признаков.

В результате интенсивной практической работы созданы и включены в Государственный реестр селекционных достижений ряд сортов сельскохозяйственных культур: сорт яровой пшеницы Иволга, ярового ячменя Михайловский, узколистного люпина детерминантного типа Ладный, сорт пшеницы мягкой озимой Тимирязевская юбилейная, озимой тритикале Тимирязевская 150 и др. В 2023 году получен патент на сорт пшеницы мягкой яровой (*Triticum aestivum* L.) Памяти Коновалова с фиолетовой окраской зерна. В настоящее время находятся на Государственном сортоиспытании новый сорт озимой гексаплоидной тритикале Академическая и новый сорт пшеницы мягкой озимой Прянишникова 37. Получены свидетельства на регистрацию базы данных льна масличного, льна-долгунца и др.

С целью подготовки студентов для научной и консультационной работы в области селекции и семеноводства в РГАУ-МСХА им. К.А. Тимирязева реализуется образовательная программа в рамках направления подготовки магистратуры 35.04.04 «Агрономия», направленность (профиль) «Генетика, селекция и семеноводство», рассчитанная на два года. Изучая такие дисциплины, как молекулярная биология с основами биоинформатики, частная селекция и генетика, биотехнология в селекции и семеноводстве, сертификация семян, молекулярные и цитогенетические маркеры, оптимизация селекционного процесса, геномика и протеомика, репродуктивная биология сельскохозяйственных растений, эпигенетика, обучающиеся формируют профессиональные компетенции. Таким образом, выпускник является уникальным специалистом в области сельского хозяйства, овладевшим особенностями конструирования и моделирования биологических объектов и способный к разработке стратегии дальнейшего их использования с учетом цифровизации производства.

Непрерывность подготовки специалистов в области селекции и семеноводства обеспечивается дальнейшим обучением кадров для научных учреждений и вузов в четырехлетней аспирантуре на кафедре генетики, селекции и семеноводства.

В наше динамичное время многое очень быстро меняется, в том числе и связанное со специальными знаниями в области селекции и семеноводства. Особенно заметно это коснулось вопросов семеноводства, связанных как с его нормативно-правовыми основами, так и вопросами сертификации семян. Актуальными являются программы повышения квалификации, которые реализуются в университете, в том числе на международном уровне в рамках совместных программ стран ЕАЭС.

Таким образом, в ФГБОУ ВО РГАУ-МСХА им. К.А. Тимирязева создана единая система подготовки кадров в области селекции и семеноводства. Университет был и остается методическим центром подготовки таких специалистов с учетом современных требований и запросов агропромышленного комплекса.

ФОРМИРОВАНИЕ И РАЗВИТИЕ КАДРОВОГО ПОТЕНЦИАЛА В ОБЛАСТИ СЕЛЕКЦИИ РАСТЕНИЙ В РОССИИ: ОБРАЗОВАНИЕ, НАУКА, ПРОИЗВОДСТВО (НА ПРИМЕРЕ СОТРУДНИЧЕСТВА ВАВИЛОВСКОГО УНИВЕРСИТЕТА И ВИР)

Н. В. Рязанцев¹, А. А. Заварзин², Ю. В. Ухатова²

¹ Саратовский государственный университет генетики, биотехнологии и инженерии им. Н.И. Вавилова (Вавиловский университет), Саратов, Россия, ryaznikval@mail.ru

² Федеральный исследовательский центр Всероссийский институт генетических ресурсов растений имени Н.И. Вавилова (ВИР), Санкт-Петербург, Россия, a.zavarzin@vir.nw.ru, y.ukhatova@vir.nw.ru

FORMING AND DEVELOPING HUMAN RESOURCES FOR PLANT BREEDING IN RUSSIA: EDUCATION, SCIENCE, PRODUCTION (BASED ON THE EXAMPLE OF COOPERATION BETWEEN THE VAVILOV UNIVERSITY AND VIR)

N. V. Ryazantsev¹, A. A. Zavarzin², Yu. V. Ukhatova²

¹ Saratov State University of Genetics, Biotechnology and Engineering named after N.I. Vavilov (Vavilov University), Saratov, Russia, ryaznikval@mail.ru

² N.I. Vavilov All-Russian Institute of Plant Genetic Resources (VIR), St. Petersburg, Russia, a.zavarzin@vir.nw.ru, y.ukhatova@vir.nw.ru

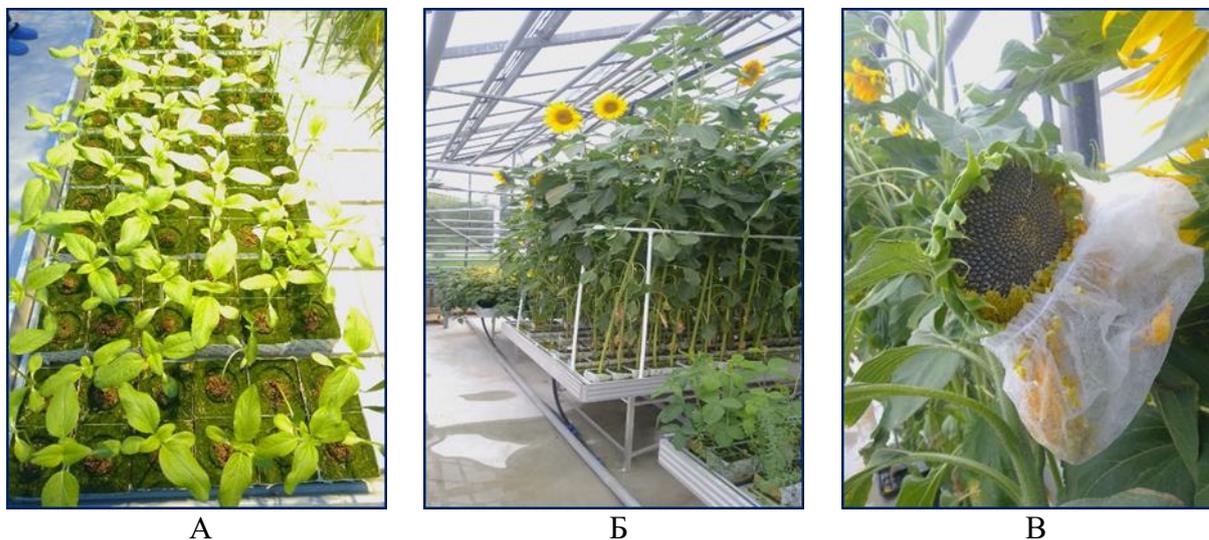
Процесс селекции растений является непрерывным, что обусловлено изменяющимися природными биотическими и абиотическими условиями, агротехнологическими требованиями и экономическими факторами. Современные тенденции и вызовы обуславливают государственную потребность России в наращивании интенсивности селекционной работы для обеспечения продовольственной безопасности. Основой решения данной задачи является кадровый потенциал, формирующийся на основе сочетания глубоких научных традиций и современных достижений и технологий.

Кадровый потенциал в области селекции растений связан с подготовкой обучающихся различных уровней образования (высшее и среднее специальное, а также дополнительное профессиональное) по таким направлениям, как агрономия, растениеводство, садоводство, биотехнология, генетика, биология и др.

Исторически подготовка кадров для селекции в России тесно связана с взаимодействием аграрных и классических вузов с научно-исследовательскими институтами и опытными станциями. В последнее время большой интерес к подготовке селекционных кадров стали проявлять профильные отечественные коммерческие компании. Взаимосвязь, возникающая между образованием, наукой и производством, обеспечивает практико-ориентированный подход и внедрение индивидуальных образовательных траекторий. В результате такого подхода появляется возможность увеличить мотивацию обучающихся, актуализировать образовательные программы и их исследовательскую компоненту, а также решить вопрос трудоустройства выпускников. Положительным примером такого взаимодействия можно считать сотрудничество Вавиловского университета и Федерального исследовательского центра Всероссийского института генетических ресурсов растений имени Н.И. Вавилова (ВИР).

В 2021 году Вавиловский университет (бывш. Саратовский государственный аграрный университет им. Н.И. Вавилова) стал участником программы стратегического академического развития «Приоритет 2030» (нацпроект «Наука и университеты»). Центральное место в программе развития вуза было отведено селекции. В результате реализации программы материально-техническая база вуза пополнилась уникальной научной установкой «Фитотронно-тепличный интеллектуальный комплекс». Его особенностью является возможность моделирования условий внешней среды для сельскохозяйственных культур с применением естественных и искусственных субстратов.

В настоящее время разработаны технологии выращивания основных полевых культур (пшеница, кукуруза, соя, подсолнечник, лен, тритикале) в условиях малообъемной технологии на гидропонике (рисунок). Использование данных технологий в сочетании с биотехнологическими методами позволяет ускорить селекционный процесс за счет получения 4-5 поколений в год. Важным направлением работы Фитотронно-тепличного комплекса является проведение учебных занятий для круглогодичной подготовки селекционеров.



А **Б** **В**
Рисунок. Образцы подсолнечника в условиях выращивания по малообъемной технологии на гидропонике в УНУ «Фитотронно-тепличный интеллектуальный комплекс» Вавиловского университета (А – фаза двух настоящих листьев, Б – фаза цветения, В – фаза созревания семян)

Развитие направления селекции в Вавиловском университете обусловило необходимость более тесной работы с ВИР. В 2024 году в торжественной обстановке на открытии конгресса ВОГИС состоялось подписание соглашения между Вавиловским университетом и главным национальным центром в области генетических ресурсов и селекции растений в России – Федеральным исследовательским центром Всероссийским институтом генетических ресурсов растений имени Н.И. Вавилова (ВИР). Уникальные компетенции ученых института и возможность работы с образцами Мировой (Вавиловской) коллекции генетических ресурсов растений позволяют значительно увеличить потенциал образовательных программ, а также повысить эффективность селекционной работы. Обширная инфраструктура Вавиловского университета, включающая три учебных хозяйства общей площадью более 10 тыс. га пахотных земель, позволяет проводить производственные испытания новых селекционных достижений. В настоящее время вуз реализует проект создания селекционно-семеноводческого центра, который позволит масштабировать наработки ученых и выводить на рынок современные сорта и гибриды основных сельскохозяйственных культур.

Таким образом, совместная работа в области образования, науки и производства позволяет решать прикладные задачи в области частной селекции в сочетании с подготовкой востребованных кадров. Благодаря сочетанию образовательных технологий, научных достижений и производственного опыта в настоящее время созданы необходимые условия для развития кадрового потенциала в области селекции растений.



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



Национальный центр
генетических ресурсов
растений



ПРЕЗИДЕНТСКАЯ
БИБЛИОТЕКА



МЕРОПРИЯТИЕ № 9. ИЗУЧЕНИЕ ГЕНЕТИЧЕСКИХ РЕСУРСОВ РАСТЕНИЙ: ИСТОРИКО-КУЛЬТУРНЫЕ АСПЕКТЫ

EVENT No. 9. STUDY OF PLANT GENETIC RESOURCES: HISTORICAL AND CULTURAL ASPECTS



Академик Николай Иванович Вавилов (1887–1943) –
русский ученый, ботаник, растениевод, генетик,
селекционер, географ и путешественник, общественный
и государственный деятель



НЕИЗВЕСТНАЯ РУКОПИСЬ Н. И. ВАВИЛОВА – «КАРТОФЕЛЬ (БОТАНИЧЕСКИЙ ОЧЕРК)»

Т. Б. Авруцкая

Институт общей генетики им. Н.И. Вавилова Российской академии наук, Москва, Россия,
tata221151@mail.ru

POTATOES (BOTANICAL ESSAY): AN UNKNOWN MANUSCRIPT BY N. I. VAVILOV

T. B. Avrutskaya

Vavilov Institute of General Genetics of the Russian Academy of Sciences, Moscow, Russia,
tata221151@mail.ru

Казалось бы, все возможное из научного наследия Н. И. Вавилова уже издано. Но оказалось, что белые пятна еще существуют. Выявленные в последние годы уникальные дневниковые и рукописные работы студента Московского сельскохозяйственного института, бывшей «Петровки», дали возможность восполнить этот пробел. Особенностью находок являлось то, что они отражали один и тот же временной период – 1907–1911 гг. Рукописи были нами расшифрованы и опубликованы. Сейчас мы впервые вводим в научный оборот обнаруженную фотокопию, которая в Биобиблиографии (1967 г.), в хронологическом указателе трудов Н. И. Вавилова за 1915 год указана как рукопись «Картофель (ботанический очерк)» – 30 стр. В отличие от первых студенческих рукописей, сохранившихся в Москве, эту Николай Иванович, переезжая в Петроград в 1921 г., видимо, взял с собой. Хорошо известно, что фотокопирование рукописей, документов, фотографий Вавилова проводилось в 50-е годы XX века Николаем Родионовичем Ивановым, перед передачей материалов в государственные архивы Ленинграда. Видимо, тогда же фотокопия была сделана и передана сыну ученого Ю. Н. Вавилову. Много позже фотокопия рукописи была передана Ю. Н. Вавиловым в Мемориальный кабинет-музей Н.И. Вавилова ИОГЕН РАН. Единственное упоминание о рукописи Вавилова удалось найти в статье С. М. Букасова «Картофель (сортоселекция и селекция)», где характеристики видов картофеля он приводит по рукописи «Картофель. (ботанический очерк)».

Попытаемся воспроизвести канву важнейших событий в жизни Н. И. Вавилова, происходящих в этот период. В 1911 г. Вавилов, после окончания Московского сельскохозяйственного института, был оставлен для подготовки к профессорскому званию при кафедре частного земледелия. В 1913 г. Вавилов едет за казенный счет на стажировку за границу для завершения образования. В Англии он работает в лучших лабораториях: у английских генетиков В. Бэтсона, Р. Биффена и Р. Пеннета. В 1914 году Н. И. Вавилов из-за начавшейся Первой мировой войны покидает Англию. Отправленный им в Россию багаж с «гибридами и коллекциями», на пароходе «Rupo», подорвался на mine. Пропали плоды упорного труда Николая Ивановича в Англии. Работа в Англии не была завершена написанием диссертации (монографии), поэтому Николаю Ивановичу было необходимо сдавать магистерские экзамены – «в промежутке готовлю экзамен. 4-ого мая с Никоноровичем [А. Н. Соколовским] подвергнемся истязанию. Назначено спец. заседание совета только для того, чтобы проэкзаменовать нас <...> кстати 5-ого подвергся сему удовольствию. Благополучно. Остался один (морфология и общая ботаника) на осень, к которому предстоит по программе «минимум»: прочитать 6 1/2 тыс. страниц на немецком и французском языках» Во время подготовки к экзамену по ботанике, видимо, Вавиловым и был написан этот очерк, судя по дате его окончания еще до весенних посевов 1915 г.

В ботаническом очерке «Картофель» Вавиловым был представлен анализ литературных сведений по истории культуры, географии, ботанической характеристики клубнеобразующих видов *Solanum*, образовании клубней, классификации сортов

культурного картофеля, способов размножения, цветение, вопрос о происхождении картофеля как объекта селекционной работы. Наибольшее внимание в очерке Вавилов уделил двум вопросам – ботанической характеристике клубнеобразующих видов *Solanum* и вопросу происхождения картофеля. Главу о происхождении картофеля Вавилов закончил следующими словами: «Систематическое исследование истории этого процесса – дело будущего; оно требует прежде всего обстоятельного изыскания и изучения родоначальников культурного картофеля в Южной Америке». Необходимо отметить, что в дальнейшем культура картофеля, его происхождение не оставляли Н. И. Вавилова. Древние земледельческие цивилизации в Южной Америке привлекали Николая Ивановича своеобразием таких растений, как картофель, перец, кукуруза, хлопчатник. В 1920-е годы он был вдохновителем и организатором экспедиции в Ю. Америку сотрудников руководимого им института С. М. Букасова и С. В. Юзепчука, которыми было обнаружено огромное разнообразие сортов культурного картофеля, и особенно его дикорастущих видов. В начале 1930-х годов Вавилов в одиночку продолжил работу предыдущих экспедиций и детально занимался изучением разнообразия состава популяций картофеля в месте естественного их произрастания, в условиях культуры тех стран Ю. Америки (Боливии и Перу), которые ему удалось посетить (1930, 1932). В письмах и открытках, которые Николай Иванович регулярно посылал из экспедиций сотрудникам института, он рассказывал о своих сборах, о количестве посылок с собранным материалом, но в этом, нижеприведенном, отражено чувство восторга исследователя, попавшего в «пекло творения»: «Изучая поля цветущего картофеля в Перу, убедился, что все так называемые местные сорта еще могут быть разбиты на сотни форм, да каких! Цветки различаются по размеру вдвое, чашелистики в 10 раз, сколько тут химер, есть с отдельными спайными лепестками, гамма цветов на любом поле от самого темного через весь спектр до белого, да с орнаментом, а листва.... А за сим – фитопатология. Словом, сортов и разновидностей ботанических тут миллионы. Неужество наше в богатстве Андов поражающее. До черта видов дикого, культурный в таком виде, что хотя и видел «пекло творения», но такого еще не видел!».

Завершает очерк внушительный список литературы, составляющий 46 наименований, 2 из них отечественные. Использованные Вавиловым источники отражают не только статьи и книги по истории картофеля, но и обзор последних публикаций (1910–1914 гг.) крупных исследователей в этой области. Текст очерка в основном читаемый, написан чернилами, аккуратным, четким, мелким почерком. В тексте имеются два автографа – Н. Вавилов – на первой странице и в конце текста, а также его рисунок *Solanum maglia* Schl. и *Solanum commersonii* Dup. Особенно ценным является поставленная Вавиловым дата окончания работы над очерком – 3 марта 1915 г.

Большой удачей стала находка листа *Solanum tuberosum* L. в гербарии, собранном еще студентом Петровки Н. И. Вавиловым 14 июля 1907 г. в Петровско-Разумовском. Поразительно, но цветок картофеля, как вы можете видеть, не потерял сиреневую окраску, хотя был собран более 100 лет назад. Гербарий был передан Ю. Н. Вавиловым в РГАУ-МСХА, хранится сейчас в музее Истории академии.



РОЛЬ БЮРО ПРИКЛАДНОЙ БОТАНИКИ В СТАНОВЛЕНИИ И РАЗВИТИИ СЕЛЕКЦИИ РАСТЕНИЙ В КАЗАХСТАНЕ

А. Р. Искаков, Р. А. Уразалиев

Казахский научно-исследовательский институт земледелия и растениеводства,
Алматинская область, Казахстан, kazniizr@mail.ru

THE ROLE OF THE BUREAU OF APPLIED BOTANY IN THE FORMATION AND DEVELOPMENT OF PLANT BREEDING IN KAZAKHSTAN

A. R. Iskakov, R. A. Urazaliev

Kazakh Research Institute of Agriculture and Plant Growing, Almaty region, Kazakhstan,
kazniizr@mail.ru

История исследования генетических ресурсов и селекции растений в Казахстане неразрывно связана с историей Бюро прикладной ботаники, позднее Всесоюзного института растениеводства им. Н.И. Вавилова. В конце XIX – начале XX веков учеными Бюро прикладной ботаники были организованы экспедиции по изучению культурных растений Казахстана, среди которых был молодой ученый А. К. Гольбек, который впоследствии связал свою жизнь с Казахстаном. Им в 1923 году в Красновоподской опытной станции Южного Казахстана были заложены первые опыты по селекции растений, с этой даты начинается история селекции Казахстана (Удольская, Колушева, 1970). Андрей Карлович проработал на этой станции с небольшим перерывом около 40 лет – до конца своей жизни. А. К. Гольбек в своих исследованиях широко использовал образцы пшеницы и ячменя из мировой коллекции различного географического происхождения, а также местные образцы, собранные им во время экспедиций. Помимо селекционной работы, ученый проводил ряд сложных работ по оказанию помощи сельскохозяйственному производству, сельхозорганам и научным учреждениям. В 1925–1926 гг., по поручению академика Н. И. Вавилова, он принимал участие в организации Средне-Азиатского отделения Всесоюзного института растениеводства. В конце 1938 года Гольбек вернулся на Красновоподскую станцию. Первые успехи Красновоподской селекционной станции были отмечены в 1935 г. Н. И. Вавиловым, который отметил исключительную продуктивность и засухоустойчивость сортов мягкой пшеницы для богары, отобранных Красновоподской станцией из местных популяций. Физиологи использовали сорта Грекум 283, 289 и Псевдо-турцикум 2115 в качестве стандартов при изучении засухоустойчивости пшеницы. В пятидесятых годах А. К. Гольбек, используя метод отбора из местных популяций, создает новый сорт пшеницы – Красная звезда, который относится к двуручкам. За период 1923–1954 гг. А. К. Гольбеком было создано 4 районированных сорта яровой пшеницы, 2 озимой пшеницы, 1 сорт ячменя. Эти сорта получили признание работников производства и заняли большие площади в посевах совхозов и колхозов.

Развитие и расширение селекционных исследований в Казахстане продолжено учеником и последователем академика Н. И. Вавилова Александром Алексеевичем Орловым, который в 1934 году заложил основы селекции растений в Алматинской селекционной станции (Сариев, Аbugалиева, 2012). Он проделал большую работу по исследованию генетических ресурсов ячменя и пшеницы, создал ряд сортов, адаптированных к южным регионам Казахстана, с использованием местных сортовых образцов ячменя и зарубежных коллекций, полученных из ВИР. Им написаны труды «Пшеницы Казакстана: Определитель. Ботанический состав» (Орлов, 1935а), «Ячмени» (Орлов, 1935b), «Определитель и описание стандартных селекционных сортов пшениц, ячменей и овсов Казахстана» (Орлов, 1936). Под его руководством начал свою научную деятельность молодой выпускник Казахского сельхозинститута Мухамеджан Ерлеспесов,

который впоследствии стал крупным руководителем казахстанской аграрной науки, директором КазНИИ земледелия.

Успехи селекции растений в Казахстане связаны также с другим учеником Н. И. Вавилова В. П. Кузьминым, который в 1922–1923 гг. возглавлял вместе с В. Е. Писаревым крупную научную экспедицию в Монголию (Ганзиева, 2013). Валентин Петрович начал свою научную деятельность на Шортандинской опытной станции Акмолинской области в 1936 году, которой посвятил всю свою жизнь. Под его руководством были разработаны научные основы и методы селекции полевых культур для засушливых степных районов Казахстана, создана большая научная школа селекционеров, он вел селекцию по 29 различным культурам почти одновременно. В. П. Кузьмин собрал 600 образцов семян местных сортов, снабдил ВИР и СибНИИЗХоз образцами семян полевых культур местного происхождения. На базе созданного рабочего материала начинает заниматься синтетической селекцией, проводить скрещивания. Он обосновал и дал описание 30 основных свойств и признаков, по которым необходимо вести подбор исходного материала для скрещивания и отбор кандидатов в будущие сорта. Он скрестил канадский сорт яровой пшеницы ‘Маркиз’ с озимой из Украины и вывел сорт пшеницы ‘Акмолинка 1’, который в 1959 г. высеивался на площади 3,5 млн га. За большие достижения в научной работе ему было присвоено звание Героя Социалистического труда (Селекционные достижения..., 2001).

ВИР сыграл большую роль в подготовке молодых научных кадров для Казахстана. Одним из первых был Карим Мынбаев, который под руководством Н. И. Вавилова с 1937 по 1940 год учился в аспирантуре ВИР и продолжал работу по изучению каучука, начатую в Казахстане (Маклаков, 1949). Во время учебы К. Мынбаев познакомился с авторитетными учеными в области сельского хозяйства и биологических наук, участвовал в научных дискуссиях, семинарах и совещаниях. Обсуждая собственные эксперименты с научным руководителем, он значительно повысил свой научно-методологический уровень. Впоследствии, до трагической гибели в авиакатастрофе в 1948 году, он возглавлял аграрную науку Казахстана и внес огромный вклад в развитие селекции и семеноводство сельскохозяйственных культур (Байзаков, 2020). ВИР был центром подготовки и переподготовки кадров для Казахстана, в числе которых профессор Ю. В. Перуанский, академик Р. А. Уразалиев, профессор А. И. Абугалиева, кандидаты сельхознаук А. Ф. Марко, В. Цыганков и др. Благодаря сотрудничеству с учеными ВИР им удалось создать в Казахстане школу селекционеров, биохимиков и технологов, иммунологов. Особенно плодотворное сотрудничество было налажено профессором Айгуль Абугалиевой (Памяти профессора..., 2021).

Таким образом, в становлении и развитии селекции растений в Казахстане неопределимую роль сыграл Всесоюзный институт растениеводства им. Н.И. Вавилова. Для дальнейшего успешного развития селекции сельскохозяйственных культур в Казахстане необходимо продолжить тесное сотрудничество между казахстанскими НИУ и ВИР.

Список литературы

Байзаков С. Академические формы организации сельскохозяйственных наук в Казахстане. Алматы, 2020. 357 с.

Ганзиева Т. Целинный академик Валентин Кузьмин // Акмолинская правда. 2013. № 136. URL: <https://apgazeta.kz/2013/12/06/celinyj-akademik-valentin-kuzmin/> (дата обращения: 17.08.2024).

Маклаков Е. Карим Мынбаев (биографический очерк) // За передовую сельскохозяйственную науку / Карим Мынбаевич Мынбаев ; Всесоюзная академия сельскохозяйственных наук им. В. И. Ленина, Казахский филиал. Алма - Ата : Казгосиздат, 1949.

Орлов А. А. Определитель и описание стандартных селекционных сортов пшениц, ячменей и овсов Казахстана / оригинальные рис. З. Кобылецкой ; Казахский НИИ земледелия. Алма-Ата : Казахстанское краевое изд-во, 1936. 50 с.

Орлов А. А. Пшеницы Казакстана : Определитель. Ботанический состав. Алма-Ата ; Москва : Казкрайогиз, 1935а. 66, [2] с.

Орлов А. А. Ячмени : (Монография) / с пред. и под общ. ред. акад. Н. И. Вавилова. Москва ; Ленинград : Сельхозгиз, Ленингр. отд-ние, 1935b. 117, [2] с.

Памяти профессора Айгуль Изтелеуовны Аbugалиевой (1959–2020) / Н. П. Гончаров, А. И. Моргунов, В. П. Шаманин, В. И. Цыганков, М. А. Есимбекова, И. Г. Лоскутов, К. Гузман, П. Р. Шеври, М. Эль-Солх // Письма в Вавиловский журнал генетики и селекции. 2021. Т. 7, вып. 1. С. 46-65. DOI: 10.18699/LettersVJ2021-7-06

Сариев Б. С., Аbugалиева А. И. Селекция ячменя на юге и юго-востоке Казахстана. Алматы, 2012. 140 с.

Селекционные достижения Казахстана: создатели сортов растений, к 10-летию независимости РК : в 2 кн. Кн. 1. Растениеводство / под общ. ред. А. А. Сатыбалдина ; редкол.: И. А. Аbugалиев [и др.] ; Министерство образования и науки Республики Казахстан ; Национальный академический центр аграрных исследований. Алматы : Бастау, 2001. 195 с., [18] л. ил.

Удольская Н. Л., Колушева Н. В. Селекционер А.К. Гольбек. Алма-Ата : Кайнар, 1970. 28 с.

К ИСТОРИИ ИЗУЧЕНИЯ ЯГОДНЫХ КУЛЬТУР В ВИР

А. М. Камнев

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

ON THE HISTORY OF BERRY CROP STUDIES AT VIR

A. M. Kamnev

N.I. Vavilov All-Russian Institute of Plant Genetic Resources (VIR), St. Petersburg, Russia, antonkamen@mail.ru

В 1925 году по «Положению о Всесоюзном институте прикладной ботаники и новых культур» в ВИР (тогда ВИПБиНК) организуется «Отдел плодоводства, огородничества и специальных культур», к ведению которого и были отнесены ягодные культуры. Буквально с первых дней началась работа по изучению генетических ресурсов ягодных культур, а также формированию коллекций данных культур. Первые коллекции были заложены на экспериментальной базе ВИР «Красный пахарь» (в дальнейшем будет преобразована в Павловскую станцию ВИР) в 1926–1936 гг. Активное участие в закладке и формировании коллекции принимали соратники Н. И. Вавилова – сотрудники Н. М. Павлова, Р. П. Бологовская, Ю. К. Катинская, М. А. Розанова и др (Юшев, 2015). Создавались коллекции ягодных культур и на опытных станциях ВИР, активно велись экспедиционные обследования различных районов Советского Союза.



Рисунок. Ученый совет на коллекции ягодных культур.

Экспериментальная база «Красный Пахарь» 1930-е гг. Слева направо: Г. Д. Карпеченко, Р. П. Бологовская, Ю. К. Катинская(?), Ф. Д. Лихонос, В. В. Пашкевич, Г. Г. Тарасенко, М. А. Розанова(?), Н. И. Вавилов(?), Ф. А. Крюков(?), Г. А. Рубцов(?), А. П. Сигов(?) (из: Шлявас, 2018)

Следует отметить, что с самого начала, несмотря на некую научную «локальность» тематики, ставились и предпринимались попытки решить фундаментальные биологические вопросы. Так, Мария Александровна Розанова много занималась вопросами систематики растений, явилась основоположницей экспериментальной систематики (в 1946 году вышел ее труд «Экспериментальные основы систематики растений»). В 1934 г. она экспериментально осуществила синтез видов серии *Sub-Idaeai* рода *Rubus* L. Фундаментальные изыскания М. А. Розанова совмещала с практическими селекционными

работами: Н. И. Вавилов, придавая большое значение отдаленной гибридизации, особо отмечал полученные ей от межвидовых скрещиваний крупноплодные гибриды земляники и малины. Нина Михайловна Павлова была признанным специалистом по смородине и крыжовнику. С 1928 г. Н. М. Павлова активно занималась селекционной работой по смородине, стала автором двух и соавтором 22 новых сортов. Однако интересы ее были шире и включали в себя не только культуру смородины, но и ягодоводство в целом: в 1949 г. Н. М. Павлова опубликовала «Руководство по апробации ягодных культур». Римма Петровна Бологовская занималась всесторонним изучением генетических ресурсов рода *Rubus*, а именно малины и ежевики. Исследуя данные культуры, Р. П. Бологовская особо обращала внимание на важность сохранения и поддержания чистосортности материала, а также на проблемы пересортицы и существования одного и того же сорта под разными названиями (Соратники..., 2017).

Конец 1930-х и 1940-е годы были для науки и страны в целом крайне непростым временем, и тяжесть времени не могла не отразиться на отделе, а вместе с ним и на ягодных коллекциях. Особенно тяжелым было время Великой Отечественной войны. В 1941–1944 гг. коллекция Павловской станции оказалась под оккупацией, многие сорта и образцы ягодных культур были вывезены за пределы России, сказывалось и отсутствие элементарного ухода. В похожей ситуации оказались и коллекции Майкопской опытной станции, также находившейся в оккупации в течение семи месяцев 1942 г. В целом к 1945 г. ситуация с коллекциями ягодных культур на разных станциях в силу ряда обстоятельств оказалась плачевной, и поэтому в послевоенное время были проведены работы по восстановлению и реконструкции насаждений. С 1950 г. возобновились и активные экспедиционные обследования с целью в том числе изучения дикорастущих ягодных ресурсов (Юшев, 2015).

Послевоенное и позднесоветское время становится новой вехой в изучении ягодных культур. С 1959 по 1967 г. отделом плодовых и ягодных культур заведовала Н. М. Павлова. Будучи талантливым педагогом, она воспитала целую плеяду ученых-плодоводов, в их числе В. Л. Витковский, Е. В. Володина, Н. М. Бочкарникова и др. Е. В. Володина стала признанным специалистом по черной смородине, В. Л. Витковский создал оригинальную теорию морфогенеза у плодовых растений, впоследствии с 1967 по 1974 г. был заведующим отделом плодовых и ягодных культур, в дальнейшем был на различных руководящих должностях института, но никогда не оставлял своего основного поприща – изучения мирового генофонда плодовых культур (Юшев, 2015). Вели исследования по генофонду рода *Rubus* Г. М. Синькова, а по сортовому генофонду земляники – Е. В. Мажоров.

Активно развивалось сотрудничество с другими отделами, в т. ч. с отделом биохимии. Сотрудница отдела биохимии Г. Б. Самородова-Бианки детально и плодотворно занималась исследованиями биохимического состава различных органов ягодных культур (как плодов (ягод), так и, например, листьев). Работа по изучению ягодных культур также шла и на опытных станциях, где работали такие выдающиеся ученые, как С. Д. Елсакова (Полярная станция ВИР, смородина), Л. Г. Семенова (Майкопская станция ВИР, коллекция малины и ежевики), В. П. Царенко (Дальневосточная станция ВИР, коллекция вишни войлочной), Н. М. Бочкарникова (Дальневосточная станция ВИР, коллекция жимолости).

Постсоветская эпоха и XXI век внесли свои коррективы, однако исследования ягодных культур были продолжены. В 2002–2004 гг. заведующей отделом генетических ресурсов плодовых ягодных и декоративных культур была М. Н. Плеханова – выдающийся специалист по культуре жимолости, автор и соавтор ряда сортов жимолости. Ее исследования продолжал А. А. Сорокин, в 2008–2015 гг. также заведовавший отделом генетических ресурсов плодовых, ягодных и декоративных культур (Юшев, 2015). Изучение генофонда ягодных культур вели Н. А. Пупкова (крыжовник) и продолжают вести С. Ю. Орлова (вишня), О. А. Тихонова (черная смородина), А. А. Харченко (земляника). Началось и продолжается активное сотрудничество с отделом биотехнологии, формируется дублетная коллекция ягодных культур (Дунаева и др., 2023). В отделе

биотехнологии и лаборатории длительного хранения генетических ресурсов растений совершенствуются методики криоконсервации и криохранения апексов и пыльцы ягодных культур (Вержук и др., 2015; Ухатова, 2017). Применяются методы генотипирования и молекулярного маркирования (Ukhatova et al., 2016; Храбров и др., 2020). В последние годы в ВИР реализуется новая стратегия сохранения вегетативно размножаемых культур, в т. ч. и ягодных, включающая себя оформление номенклатурных стандартов и сохранение в дублетных коллекциях генетически идентичных ему клонов с последующим генотипированием (Гавриленко и др., 2022). Такие работы ведутся по малине (Камнев и др., 2021; 2022; 2024), черной смородине (Тихонова и др., 2020; Таловина и др., 2024) и землянике (Харченко и др., 2024). Продолжаются работы по традиционным направлениям, в частности по изучению зимостойкости (Харченко и др., 2022) и биохимическому составу плодов. Уделяется внимание малораспространенным ягодным культурам – актинидии и представителям рода *Vaccinium* L. (брусника, голубика, клюква, черника). Развивается новая концепция сохранения разнообразия растительного мира, предполагающая формирование биоресурсных коллекций, и генетические ресурсы ягодных культур также включаются в эту концепцию (Хлесткина, 2022).

Иными словами, изучение ягодных культур в ВИР продолжается и поныне и на самом высоком уровне. Представители уже нового, молодого поколения ученых пишут историю этих исследований, применяя самые современные методы науки.

**ЭЛЕКТРОННАЯ БИБЛИОТЕКА ВИР «НАУЧНОЕ НАСЛЕДИЕ ВИР»:
НИКОЛАЙ ИВАНОВИЧ ВАВИЛОВ (1887–1943),
ГЕОРГИЙ ДМИТРИЕВИЧ КАРПЕЧЕНКО (1899–1941)**

И. В. Котелкина

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

**VIR'S ELECTRONIC LIBRARY "SCIENTIFIC HERITAGE OF VIR":
NIKOLAI IVANOVICH VAVILOV (1887–1943),
GEORGY DMITRIEVICH KARPECHENKO (1899–1941)**

I. V. Kotelkina

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

Проект «Научное наследие ВИР» – это российская научная электронная библиотека, созданная библиотечно-издательским отделом ВИР в целях, прежде всего, участия библиотеки ВИР в выполнении национальной задачи формирования российского научно-информационного общества.

Она предоставляет открытый доступ к биографиям ученых ВИР, внесших вклад в развитие российской биологической и сельскохозяйственной науки, оцифрованным текстам их наиболее значимых работ, цифровым копиям связанных с ними архивных документов.

Цель электронной библиотеки ВИР (ЭБ ВИР) – обеспечить научно-образовательному сообществу и широкому кругу пользователей информацию о научном наследии ВИР и результатах научной деятельности.

Источниками комплектования ЭБ ВИР является библиотечный фонд библиотеки ВИР, основанной в 1838 г. В своем выступлении на 100-летнем юбилее библиотеки академик Н. И. Вавилов говорил: «...мы прежде всего озабочены, чтобы эти колоссальные ценности, которые собираются в нашем богатейшем хранилище, сделать доступными, сделать их живыми, охватываемыми, постигаемыми». Сегодня данный вопрос актуален для практически всех российских библиотек, музеев и архивов. Библиотека ВИР также осуществляет деятельность по оцифровке.

Имя Николая Ивановича Вавилова (1887–1942) занимает одно из самых почетных мест в ряду выдающихся отечественных ученых. В его лице естественным образом сочетался ученый-генетик, создатель первого генетического учреждения в системе Академии наук – Института генетики АН СССР, исследователь культурной флоры, основатель и директор легендарного Всесоюзного института растениеводства (ВИР), ботаник и растениевод, селекционер, выдающийся организатор советской науки, неутомимый путешественник, географ и замечательный популяризатор науки, крупный государственный и общественный деятель. В 2012 г. Библиотека ВИР приступила к оцифровке печатного наследия академика Николая Вавилова в соответствии с источниками, включенными в биобиблиографический указатель, приуроченный к 100-летию со дня рождения Н. И. Вавилова (Николай Иванович Вавилов..., 1987). В настоящее время полностью оцифрованы прижизненные научные работы Вавилова (1910–1941). Массив включает в себя более 390 документов: монографии, статьи, доклады, включая предисловия, вступительные слова, стенограммы выступлений и прочее.

Одним из самых близких единомышленников Н. И. Вавилова был Г. Д. Карпеченко (1899–1941). Совместная научная деятельность двух великих ученых продолжалась более пятнадцати лет вплоть до драматических событий, которые разыгрались в советской биологии в 1930–1940-е годы – репрессии в отношении ученых в 1937–1942 гг.

(Вавилов Н. И. [арестован в 1940 г.; 23 июня 1942 г. расстрел в порядке помилования заменен 20 годами заключения; скончался в тюремной больнице 26 января 1943 г.; реабилитирован 20 августа 1955 г.; восстановлен в АН 9 сентября 1955 г.]; Карпеченко Г. Д. [арестован 15 февраля 1941 г.; приговорен Военной коллегией Верховного суда СССР 9 июля 1941 г. по сфабрикованному обвинению в участии в «антисоветской вредительской организации»; расстрелян 28 июля 1941 г.; реабилитирован посмертно 21 апреля 1956 г.]



Рис. 1. General view of the plot with radish x cabbage hybrids of the second generation. Detskoe Selo, 1926 (из: Karpechenko, 1928)



Рис. 2. Карпеченко Г. Д. в лаборатории с В. Светозаровой (конец 1930-х годов). (Архив ВИР. Д. 196)



Рис. 3. Добржанский Ф. Г. с женой Натальей Петровной, Вавилов Н. И., Карпеченко Г. Д. в Пасадене (Калифорния), 1930 г.

В рамках серии мероприятий ВИР, посвященных 130-летию с даты учреждения Бюро по прикладной ботанике при Ученом комитете Министерства земледелия и государственных имуществ Российской империи и 125-летию со дня рождения известного русского ученого-генетика, автора признанных трудов по отдаленной гибридизации, доктора биологических наук, профессора Георгия Дмитриевича Карпеченко, в 2024 г. Библиотека ВИР представила презентацию, посвященную жизни и деятельности ученого (Карпеченко Георгий..., 2024) и оцифровала его прижизненные научные труды (1924–1940), опубликованные как в СССР, так и за рубежом (рис. 1), в количестве 45 документов.

Всесоюзный институт прикладной ботаники и новых культур (ВИПБиНК, с 1930 г. – Всесоюзный институт растениеводства, ВИР) был центром всего прогрессивного в советской растениеводческой науке. Георгий Карпеченко оказался в Ленинграде во главе генетических исследований института, возглавляемого Н. И. Вавиловым – ВИР, а затем и Ленинградского государственного университета (ЛГУ). Отдел генетики ВИР (рис. 2) и кафедра генетики и селекции растений ЛГУ стали центром подготовки генетических кадров для огромной страны. «Мировая известность пришла к Г. Д. Карпеченко в двадцать восемь лет. За неполных двадцать лет научной деятельности он создал новую отрасль биологии, став, по сути, первым генным (хромосомным) инженером растений. Во все языки мира вошло слово *Raphanobrassica*, а все учебники по генетике, цитогенетике и селекции описывают классические эксперименты Г. Д. Карпеченко по преодолению бесплодия у рукотворных отдаленных гибридов» (Георгий Дмитриевич Карпеченко, 2013).

Мировое научное сообщество высоко ценит труды и идеи выдающихся русских ученых – Вавилова и Карпеченко, их значимые открытия широко известны за пределами родной страны (рис. 3).

Электронный информационный ресурс научных трудов Николая Ивановича Вавилова и Георгия Дмитриевича Карпеченко ориентирован на широкие круги пользователей в лице научных работников, преподавателей, аспирантов и студентов вузов биологического и сельскохозяйственного профиля.

В итоге, благодаря созданию отечественного цифрового информационного ресурса, преставлению в открытом доступе печатного наследия ВИР, Федеральный исследовательский центр Всероссийский институт генетических ресурсов растений имени

Н.И. Вавилова (ВИР) получит возможность увеличить свой научный и образовательный потенциал, стать более конкурентоспособным научным центром на рынке научно-исследовательских и образовательных услуг, повысить результативность научной деятельности по показателям публикационной активности, расширить присутствие ВИР, как представителя науки России, в международном научном сообществе.

Список литературы

Георгий Дмитриевич Карпеченко / Н. П. Гончаров, М. А. Вишнякова, И. В. Котелкина, Т. К. Лассан ; отв. ред. В. А. Пухальский. 3-е изд., испр. и доп. Новосибирск : Изд-во Сибирского отделения РАН, 2013. 253 с.

Карпеченко Георгий Дмитриевич (1899–1941): к 125-летию со дня рождения: [презентация] // Федеральный исследовательский центр Всероссийский институт генетических ресурсов растений имени Н.И. Вавилова: [сайт]. URL: http://www.vir.nw.ru/wp-content/uploads/2024/05/Karpechenko-Georgij-Dmitrievich_1899-1941_k-125-letiyu-so-dnya-rozhdeniya.pdf (дата обращения: 25.06.2024).

Николай Иванович Вавилов (1887–1943): к 100-летию со дня рождения / [сост.: А. М. Карпычева, Т. М. Соколова]. Москва, 1987. 158 с. (Материалы к биобиблиографии деятелей сельскохозяйственной науки / ВАСХНИЛ, ЦНСХБ, Ленингр. отд-ние).

Karpechenko G. D. Polyploid Hybrids of *Raphanus sativus* L. × *Brassica oleracea* L. (On the problem of experimental species formation) / Institute of applied botany, section of genetics, USSR // Zeitschrift induktive Abstammungs- und Vererbungslehre. Leipzig, 1928. Bd. 48, H. 1. S. 1-85.

**ВКЛАД Н. И. ВАВИЛОВА В РАЗВИТИЕ
САРАТОВСКОЙ ВЫСШЕЙ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОЙ ШКОЛЫ
(К 110-ЛЕТИЮ ПЕРВОГО ВИЗИТА УЧЕНОГО В САРАТОВСКУЮ ГУБЕРНИЮ)**

Н. В. Рязанцев

Саратовский государственный университет генетики, биотехнологии и инженерии
им. Н.И. Вавилова (Вавиловский университет), Саратов, Россия, ryaznikval@mail.ru

**N. I. VAVILOV'S CONTRIBUTION TO THE DEVELOPMENT OF THE HIGHER
AGRICULTURAL SCHOOL IN SARATOV (ON THE 110TH ANNIVERSARY OF THE
SCIENTIST'S FIRST VISIT TO SARATOV PROVINCE)**

N. V. Ryazantsev

Saratov State University of Genetics, Biotechnology and Engineering named after N.I. Vavilov
(Vavilov University), Saratov, Russia, ryaznikval@mail.ru

В биографии гениального ученого Н. И. Вавилова историки науки традиционно выделяют московский, саратовский и ленинградский периоды. Причем саратовский период (1917–1921 гг.) многие исследователи считают наиболее плодотворным с точки зрения масштаба заложенных в это время идей ученого.

Впервые Н. И. Вавилов посетил Саратовскую губернию в 1914 г. Во время короткого визита молодой ученый познакомился с работой В. С. Богдана на Краснокутской опытной станции. Большое разнообразие местных пшениц произвело на него глубокое впечатление. Можно предположить, что в будущем неслучайно коренной москвич, выпускник легендарной «Петровки», Н. И. Вавилов приехал в Саратов для работы в должности преподавателя кабинета частного земледелия Саратовских высших сельскохозяйственных курсов (затем – Саратовский СХИ). Начав здесь работу в июле 1917 г., накануне Октябрьской революции, несмотря на все общественно-политические и организационные трудности, в 1918 г. он завершил многолетнюю работу над первой монографией «Иммунитет растений к инфекционным заболеваниям». А в 1920 г. была завершена грандиозная работа над самым крупным открытием ученого – Законом гомологических рядов в наследственной изменчивости. В этом же году состоялась комплексная агроботаническая экспедиция под руководством Н. И. Вавилова по Нижней Волге. Итоги этого исследования легли в основу монографии «Полевые культуры Юго-Востока», ставшей пионерской работой в области ботанического ресурсоведения. Таким образом, в результате напряженной работы на протяжении немногим более трех лет, Н. И. Вавилов практически полностью сформировал легендарную «триаду», включающую кроме «Учения об иммунитете растений к инфекционным заболеваниям» и «Закона гомологических рядов в наследственной изменчивости» также зачатки идей, положивших начало Учению о центрах происхождения и многообразия культурных растений.

К сожалению, по образному выражению академика П. М. Жуковского, в Саратове не только «взошла звезда академика Н.И. Вавилова», но и «трагически оборвалась его жизнь». В октябре 1942 г., находясь в заключении, Н. И. Вавилов был доставлен в городскую тюрьму № 1 г. Саратова, где скончался 26 января 1943 г. Великий ученый был похоронен на Воскресенском кладбище г. Саратова в братской могиле.

Однако будет справедливо отметить, что не только в судьбе Н. И. Вавилова Саратов оставил особенный след. Период работы здесь крупнейшего отечественного биолога XX века также нашел особое отражение в истории самого города. Во многом благодаря Н. И. Вавилову на базе Саратовских высших сельскохозяйственных курсов, созданных незадолго до приезда ученого в 1913 г., сформировалась известная школа селекционеров и растениеводов. Под его руководством начинали свой путь в науке выдающиеся саратовские ученые Е. М. Плачек, Н. Г. Мейстер, Е. И. Барулина, Э. Э. Аникина,

Е. В. Эллади, Е. А. Столетова, А. И. Мордвинкина, Ф. Х. Бахтеев, Н. Г. Воронин, К. Н. Алексеевский, В. К. Лешин и др. При непосредственном участии и под руководством Н. И. Вавилова в Саратове были открыты отделения Бюро по прикладной ботанике и Ботанического общества, создана кафедра частного земледелия и селекции, а также проведен легендарный III Всероссийский съезд по селекции и семеноводству. Вклад Н. И. Вавилова в формирование Саратовской высшей сельскохозяйственной школы навсегда прославил не только имя ученого, но и сам город, с любовью и признательностью названным им «солнечным, суровым, знойным краем».



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



Национальный центр
генетических ресурсов
растений



ПРЕЗИДЕНТСКАЯ
БИБЛИОТЕКА



МЕРОПРИЯТИЕ № 10. ХЛЕБНЫЕ ЗЛАКИ (И КРУГЛЫЙ СТОЛ «ХЛЕБА РОССИИ»)

EVENT No. 10. CEREALS (AND THE ROUND TABLE “BREAD OF RUSSIA”)



ИСХОДНЫЙ МАТЕРИАЛ ДЛЯ СЕЛЕКЦИИ ОЗИМОЙ РЖИ В УСЛОВИЯХ СЕВЕРА ТОМСКОЙ ОБЛАСТИ

П. Н. Бражников¹, А. Б. Сайнакова²

¹ Сибирский федеральный научный центр агробиотехнологий Российской академии наук (СФНЦА РАН), Сибирский научно-исследовательский институт сельского хозяйства и торфа – филиал СФНЦА РАН, Нарымский отдел селекции и семеноводства, Колпашево, Россия, peter.brazhnikov@yandex.ru

² Сибирский федеральный научный центр агробиотехнологий Российской академии наук (СФНЦА РАН), Сибирский научно-исследовательский институт сельского хозяйства и торфа – филиал СФНЦА РАН, Томск, Россия, saynakovaab@sfscs.ru

SOURCE MATERIAL FOR WINTER RYE BREEDING UNDER THE CONDITIONS OF THE NORTH OF TOMSK PROVINCE

P. N. Brazhnikov¹, A. B. Sainakova²

¹ Siberian Federal Scientific Center of Agro-BioTechnologies of the Russian Academy of Sciences (SFSCA RAS), Siberian Research Institute of Agriculture and Peat – branch of the SFSCA RAS, Narym Department of Breeding and Seed Production, Kolpashevo, Russia, peter.brazhnikov@yandex.ru

² Siberian Federal Scientific Center of Agro-BioTechnologies of the Russian Academy of Sciences (SFSCA RAS), Siberian Research Institute of Agriculture and Peat – branch of the SFSCA RAS, Tomsk, Russia, saynakovaab@sfscs.ru

Комплексное изучение исходного материала позволяет тщательно подбирать родительские формы при создании новых современных сортов озимой ржи. Использование адаптивных сортов при гибридизации решает основную задачу: максимальное проявление биологического потенциала культуры в конкретных экологических условиях.

За период с 2010 по 2022 гг. была изучена рабочая коллекция, присланная из ВИР, представленная отечественными и зарубежными сортообразцами, несущими гены короткостебельности, устойчивости к листовым болезням, популяции собственной селекции. Всего проработке подвергнуто порядка 85 сортообразцов. Стандартом служил сорт Петровна, находящийся в реестре селекционных достижений с 2004 года.

Зимостойкость – основной фактор, являющийся критерием адаптивности сорта в условиях северной таежной зоны с длительным залеганием снегового покрова до 210 дней. На уровне стандарта Петровна были образцы Иммуная 6, Малыш 72-2, Метелица, Волжанка 2, Снежана, Нарымчанка, Кировская 89, Отелло 2, Сибирская 82, Чулпан 9, Фаленская 4, Мининская, Волхова 2.

В наших условиях очень часто поражение снежной плесенью приводит к значительному изреживанию стеблестоя. Здесь следует выделить сортообразцы Иммуная 6, Малыш 72-2, Эсцепан 415, Нарымчанка, Петровна, которые слабо поражались снежной плесенью. А такие сорта как Фаленская 4, Волхова, Валдай, Снежана, Lukas, Madar, Mutante 530, Кировская 89, Гетера 3, Новозыбковская 2, Крупнозерная 2, Сибирская 82 проявили при этом высокую регенерационную способность, сохранив к уборке по 10–12 продуктивных стеблей на одном растении.

Анализируя структуру урожая, элементы продуктивности коллекционных образцов отмечаем, что практически все сортообразцы являются короткостебельными с высотой растений от 90 до 125 см. Сорта Куспан 145/24, Ильмень, Тюменка, НГР – 26, SCW 5999, Kuskuks KN были выше 130 см.

Характерной особенностью сортов Новозыбковская 2, Россул, Мининская, Снежана, Нарымчанка, Тюменка, Фаленская 4, Восход 1, Волхова 2, Янтарная, Петровна является достаточно длинный (11–13 см) и плотный колос с числом цветков от 68 до 86.

Особое внимание уделяется такому важному компоненту как число зерен в колосе, что является индикатором фертильности сорта и сопутствующим фактором в получении конечного результата – урожайности. Здесь в наибольшей степени проявили себя сорта Валдай, Петровна, Восход 1, Нарымчанка, Волхова 2, Кировская 89, Волжанка 3, Россул, Снежана, Малыш 72-2, имеющие от 55 до 75 зерен в колосе. Как следствие, эти сорта обладают и наибольшим весом зерна с колоса, который достигает 2,3–3,1 г. К этому списку можно добавить сорта Гибридная 8, Иммунная 6, Сарумрос 5, Гетера 3, Тюменка, Ранняя 1.

Несомненным достоинством сортообразцов Восход 1, Снежана, Волхова 2, Сарумрос 5, Валдай, Отелло 2, Гибридная 8, Нарымчанка, Тюменка, Крупнозерная 2, Сибирская 82, Россул, Гетера 3, Петровна является высокая масса 1000 зерен, которая в отдельные годы достигала 40,0–45,0 г, характеризуя их как сорта, формирующие крупное выполненное зерно.

Для практических целей – привлечения нового генетического материала представленных источников для селекции – необходимо выбирать те сорта, которые в течение ряда лет показывают стабильно высокую урожайность, что говорит об их пластичности, устойчивости к стрессам как биотическим, так и абиотическим. Среди этого разнообразия сортов особенно выделяются кроме стандартного сорта Петровна такие сорта, как Восход 1, Иммунная 6, Малыш 72-2, Россул, Гетера 3, Нарымчанка, Волхова 2, Валдай, Кировская 89, Снежана, Сарумрос 5.

По признакам качества зерна выявлены источники, которые в наших сибирских условиях в отдельные годы накапливают 13–15 % белка, имеют низкую амилалитическую активность (ЧП – 150–210 и выше), что говорит об их хороших хлебопекарных качествах. По этим показателям выделяются Иммунная 4-2, Иммунная 6, Эсцепан 415, Восход 1, НГР-26, Ильмень, Россул, Волхова 2, Кировская 89, Иммунер 76, Гетера 3, Фаленская 4.

Превосходство некоторых сортов коллекции над стандартом в экстремальных условиях севера Томской области в результате исследований говорит о высокой их адаптивности, что повышает их ценность для использования в селекции не только как источников устойчивости к болезням, но и стабильной продуктивности. Сорта Иммунная 6, Малыш 72-2, Россул, Гетера 3, Снежана, Сарумрос 5, Гибридная 8, Валдай, Кировская 89 активно привлечены в процесс гибридизации. С участием этих источников ценных хозяйственно полезных признаков и свойств создан перспективный материал, который в настоящее время находится в проработке селекционных программ, испытывается в питомнике конкурсного сортоиспытания и готовится к передаче на государственное испытание.

АДАПТИВНЫЕ СВОЙСТВА УРОЖАЙНОСТИ СОРТОВ МЯГКОЙ ЯРОВОЙ ПШЕНИЦЫ ИЗ МИРОВОЙ КОЛЛЕКЦИИ ВИР В УСЛОВИЯХ ЦЕНТРАЛЬНОЙ ЯКУТИИ

Е. С. Владимирова

Якутский научный центр Сибирского отделения Российской академии наук (ЯНЦ СО РАН), Якутский научно-исследовательский институт сельского хозяйства имени М.Г. Сафронова – обособленное подразделение ЯНЦ СО РАН, Якутск, Россия, bagrynova.elena@mail.ru

ADAPTIVE PROPERTIES OF THE YIELD OF SPRING BREAD WHEAT CULTIVARS FROM THE VIR GLOBAL COLLECTION UNDER THE CONDITIONS OF CENTRAL YAKUTIA

E. S. Vladimirova

Yakut Scientific Center of the Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences (YaSC SB RAS), M.G. Safronov Yakut Scientific Research Institute of Agriculture – subdivision of the YaSC SB RAS, Yakutsk, Russia, bagrynova.elena@mail.ru

Выращивание зерновых культур в условиях Якутии осложнено наличием ряда негативных природных факторов: короткий вегетационный период, в июне-июле высокая температура воздуха достигает 35–40 °С, почвенная засуха, мерзлотные почвы с низким содержанием азота. Вместе с тем зерновые, в частности пшеница, выращиваются здесь с XVII века, т. е. более 200 лет и зачастую дают достаточно высокие урожаи до 2,0–3,0 т/га. Зерновые в Якутии выращиваются в основном на кормовые цели, хотя в XVII веке в Ленском, Олекминском районах возделывались как хлебная культура.

В связи с изменением климата возникает потребность в новых сортах мягкой пшеницы, пригодных для засушливых климатических условий зоны вечной мерзлоты, обеспечивающих урожай зерна до 3,0 т/га, с продолжительностью вегетационного периода 65–75 дней, устойчивых к засухе (+39 °С) и к полеганию. При этом большое значение имеют оценка и отбор родительских форм из отечественных и мировых сортов, обладающих необходимыми для местных условий качествами. В связи с этим важны изучение и подбор родительских форм, обладающих ценными признаками для последующего использования в создании сортов пшеницы для экстремальных условий Центральной Якутии.

Для оценки реакции сортов пшеницы на изменения условий выращивания рассчитывали параметры пластичности изучаемых сортов по методике Эберхарта и Рассела в изложении В. А. Зыкина (2005).

Погодные условия в период исследований имели значительные различия и характеризовались как благоприятные, так и засушливые. Индекс условий среды по урожайности в наших исследованиях изменялся по годам от –1,1 до +1,3 °С. Наиболее благоприятными по урожайности были 2018–2019 гг. средняя урожайность составила 4,6–4,9 т/га.

В результате исследований выделены сорта пшеницы, которые отличаются высокими адаптивными свойствами по урожайности. В выборке сортов в коллекционном питомнике пшеницы варьирование коэффициента регрессии (b_i) по урожайности составило 0,19–1,64.

Сорта, урожайность которых характеризуется величиной от средней к высокой, коэффициент регрессии (b_i) близок или превосходит 1, а показатель стабильности (Sd_2) близок к 0, относятся к сортам, существенно реагирующих на изменение условий среды. Среди изучаемого материала к таким сортам можно отнести: Сибирская 17 ($b_i = 1,49$, $Sd_2 = 0,16$), Амурская 1495 ($b_i = 1,26$, $Sd_2 = 0,15$), Лютесценс 540 ($b_i = 1,64$, $Sd_2 = 0,06$). Эти

сорта более требовательны к высокому уровню агротехники и относятся к интенсивному типу, хорошо отзываются на улучшение выращивания. В неблагоприятные по погодным условиям годы и при низком агрофоне у этих сортов резко снижается урожайность.

При условии $b_i = 1$ имеется полное соответствие изменения урожайности сорта изменению условий выращивания. Наиболее близкие к этому показателю значения в нашем опыте у сортов: Evros ($b_i = 0,78$, $Sd2 = 0,42$), Сигма 2 ($b_i = 0,86$, $Sd2 = 0,45$), Надежда Кузбасса ($b_i = 1,0$, $Sd2 = 0,62$), Ману ($b_i = 1,07$, $Sd2 = 0,20$).

В случае $b_i < 1$ сорт реагирует слабее на изменение условий среды, чем в среднем весь набор изучаемых сортов. Такие сорта способны дать наибольшую отдачу при минимуме затрат. Коэффициент b_i значительно ниже единицы отмечен у сортов: Artur Nick ($b_i = 0,30$, $Sd2 = 0,60$), Алтайская 75 ($b_i = 0,38$, $Sd2 = 0,23$) и Mane Nick ($b_i = 0,48$, $Sd2 = 0,20$).

Для включения в селекционную работу в условиях Якутии можно рекомендовать в качестве исходного материала по параметрам экологической пластичности сорта: Сибирская 17, к-66017, Новосибирская обл. ($b_i = 1,49$, $Sd2 = 0,16$), Амурская 1495, к-66003, Амурская обл. ($b_i = 1,26$, $Sd2 = 0,15$), Лютеценс 540, к-66000, Самарская обл. ($b_i = 1,64$, $Sd2 = 0,06$), Evros, к-66028, Греция ($b_i = 0,78$, $Sd2 = 0,42$), Сигма 2, к-65999, Западная Сибирь ($b_i = 0,86$, $Sd2 = 0,45$), Надежда Кузбасса, к-66007, Кемеровская обл. ($b_i = 1,0$, $Sd2 = 0,62$), Ману, к-66029, Финляндия ($b_i = 1,07$, $Sd2 = 0,20$). Выделенные по ценным признакам сортообразцы в 2021 году использованы как родительские формы в гибридизации.

ФЕНОТИПИРОВАНИЕ НА ОСНОВЕ РЕГИСТРАЦИИ ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ АКТИВНОСТИ РАСТЕНИЙ. ПОТЕНЦИАЛ ПОДХОДА В ПОЛУЧЕНИИ УСТОЙЧИВЫХ К СТРЕССОРАМ СОРТОВ

В. А. Воденев

Национальный исследовательский Нижегородский государственный университет им. Н.И. Лобачевского, Нижний Новгород, Россия, v.vodeneev@mail.ru

PHENOTYPING BASED ON REGISTRATION OF ELECTRICAL ACTIVITY IN PLANTS. POTENTIAL OF THE APPROACH FOR PRODUCING CULTIVARS RESISTANT TO STRESSORS

V. A. Vodeneev

Lobachevsky State University of Nizhny Novgorod, Nizhny Novgorod, Russia, v.vodeneev@mail.ru

Высшие растения адаптируются к изменяющимся условиям окружающей среды, скоординировано изменяя активность основных физиологических процессов. Важнейшую роль в такой координации играют дистанционные сигналы. Электрические сигналы относятся к наиболее быстрым дистанционным стрессовым сигналам растений. Распространяющиеся электрические сигналы вызывают комплекс изменений в незатронутых прямым действием стрессора тканях растения. Этот комплекс изменений лежит в основе адаптации растений к стрессорам. Продемонстрирована связь между зависящими от природы и интенсивности стимула параметрами электрических сигналов растений и индуцированными такими сигналами функциональными ответами. Это демонстрирует как важную роль дистанционных сигналов в развитии адаптации, так и их потенциал в качестве показателя, являющегося критерием в оценке устойчивости растений.

Выбор наиболее перспективных генотипов в процессе селекции осуществляется на основе совокупности генетических маркеров и фенотипических показателей. В настоящее время активно развиваются технологии фенотипирования с использованием различных датчиков, в первую очередь оптических. Актуальным является повышение информативности феномных подходов в селекционном процессе. Одним из решений является включение в процедуру фенотипирования регистрация дополнительных характеристик с помощью дополнительных датчиков. В качестве дополнительного метода включается, в том числе, регистрация электрической активности растений.

В докладе рассмотрены:

- процессы генерации и распространения электрических сигналов у растений при действии различных стимулов;
- механизмы преобразования дистанционных электрических сигналов в функциональный ответ;
- взаимодействие сигнальных систем при формировании системного ответа;
- связь развития устойчивости к стрессорам с параметрами дистанционных сигналов и вызванных ими ответов;
- потенциал основанного на регистрации электрической активности подхода в фенотипировании злаковых для отбора устойчивых к стрессорам генотипов;
- пути выявления «объяснимых» генетических маркеров, базируясь на результатах фенотипирования;
- пути повышения эффективности отбора наиболее перспективных генотипов на основе совокупности фенотипирования и генотипирования.

Работа выполнена при поддержке РНФ (проект № 22-14-00388).

РЕТРОСПЕКТИВНЫЙ И ПЕРСПЕКТИВНЫЙ ВЗГЛЯД НА КОЛЛЕКЦИЮ МЯГКОЙ ПШЕНИЦЫ «АРСЕНАЛ»

С. И. Воронов, И. Ф. Лапочкина, М. Г. Дивашук
Федеральный исследовательский центр «Немчиновка», Московская область, Россия,

A RETROSPECTIVE AND PERSPECTIVE VIEW ON THE ARSENAL BREAD WHEAT COLLECTION

S. I. Voronov, I. F. Lapochkina, M. G. Divashuk
Nemchinovka Federal Research Center, Moscow Province, Russia, vsi08@mail.ru

Генетическая изменчивость мягкой пшеницы *Triticum aestivum* L. огромна в силу аллополиплоидного происхождения вида и ее широкого эколого-географического распространения. Однако будущее этой культуры вряд ли возможно без использования генного пула ее сородичей. Линии мягкой пшеницы с чужеродными транслокациями успешно используются в селекционно-генетических исследованиях начиная с 20–30-х годов прошлого столетия для придания устойчивости сортов к биотическим и абиотическим факторам среды.

В нашем институте улучшение мягкой пшеницы по генам устойчивости к грибным заболеваниям с использованием видов *Aegilops speltoides*, *Ae. triuncialis*, *Triticum kiharae* и *Secale cereale* началось в 1980 году. Для эффективной интрогрессии в геном пшеницы использовали генотипы-стимуляторы гомеологичной конъюгации хромосом (*ph-1b*-мутант Сирса и образцы вида *Aegilops speltoides* с высокой способностью подавлять Ph-систему мягкой пшеницы), а также гамма-облучение пыльцы видов-доноров низкими, средними и высокими дозами радиации (0,5–10,0 кР). За период 1980–1996 гг. были разработаны теоретические и методологические основы управления рекомбинационными процессами в мейозе у межвидовых и межродовых гибридов. Было обнаружено стимулирующее действие доз облучения (0,75–1,5 кР) на завязываемость зерен, выживаемость гибридных растений и возможность управления процессом конъюгации хромосом в мейозе. Была создана оригинальная цитогенетическая коллекция «Арсенал» яровых и озимых линий с добавленными хромосомами вида *Ae. speltoides*, также интрогрессивных линий с генетическим материалом видов *Aegilops triuncialis*, *Triticum kiharae* и *Secale cereale*. Установлено наличие множественных транслокаций по В-геному мягкой пшеницы с использованием молекулярных SSR-маркеров.

Из коллекции выделены источники и доноры с генами устойчивости к бурой, желтой и стеблевой ржавчине, мучнистой росе, желтой листьев и темно-бурой пятнистостям листьев. (Лапочкина и др., 2021). Идентифицирован новый ген устойчивости к мучнистой росе *Pm32*, который занесен в Каталог генных символов пшеницы (Hsam et al., 2003; McIntosh et al., 2013).

Идентификацию генов устойчивости к бурой ржавчине проводили с использованием методов фитопатологического тестирования и с использованием молекулярных маркеров к известным генам *Lr*. Установлено, что длительная устойчивость образцов коллекции к бурой ржавчине обусловлена сочетанием генов ювенильной устойчивости с генами устойчивости взрослого растения. У некоторых образцов коллекции отмечали исключительно устойчивый тип реакции на проникновение патогена при отсутствии идентифицированных эффективных генов *Lr*, что может указывать на вероятное присутствие новых или неизвестных генов устойчивости сородичей.

Из коллекции выделены доноры с 2–6 идентифицированными *Sr*-генами устойчивости к стеблевой ржавчине (*Sr2*, *Sr22*, *Sr32*, *Sr36*, *Sr39*, *Sr40*, *Sr47*) в том числе и карантинной расе Ug99. С использованием этих доноров и молекулярных маркеров

к генам *Sr* создан продвинутый селекционный материал яровой и озимой пшеницы с расширенной групповой устойчивостью к грибным болезням и другими улучшенными хозяйственно ценными признаками (короткостебельностью, ранним выколашиванием, высоким содержанием белка и клейковины в зерне), а также устойчивостью к абиотическим стрессам (затоплению и засухе) (Лапочкина и др., 2021). На основе созданного материала планируется создание доноров скороспелости яровой и озимой пшеницы с генами *Ppd-D1-Vrn* и устойчивостью к грибным болезням. Лучшие по продуктивности линии проходят тестирование в конкурсном и экологическом сортоиспытании с целью выделения прототипов сортов.

У образцов пшенично-эгилопсно-ржаных гибридов коллекции «Арсенал» впервые изучен полиморфизм локусов высокомолекулярных субъединиц глютеина (ВГСМ) и выделены генотипы с редким их сочетанием, которые оказывают положительное влияние на накопление белка и клейковины в зерне. Обнаружено, что наличие аллеля ржи *Glu-R1e* (субъединица 6,5^f) в отсутствие пшеничного локуса *Glu-1B* оказывает исключительное влияние на повышение содержания белка (до 18,0 %) и клейковины (до 43,0 %) в зерне линии 87-20^{rw}. Идентифицировано наличие редкой субъединицы (Vx6+Vy18) – аллель *Glu-VXIX*, изначально обнаруженной у вида *Triticum spelta* из Испании (Caballero, Martin, 2001), а у линии 7-20^{rw}, вероятно, полученный от *Aegilops speltoides*. Идентифицировано сочетание нескольких редких ВМСГ, кодируемых локусом *Glu-1B* и связанных с формированием высокого содержания белка и клейковины в зерне, а именно: (Vx14+Vy15)/(Vx6+Vy18) и (Vx7+Vy9)/(Vx6+Vy18) у линий 99-20^{rw} и 92-20^{rw}. Рекомендуется использование отдельных генотипов в качестве источников устойчивости к болезням и высокого содержания белка в зерне и наличия редких и ценных аллелей *Glu-1* для улучшения мягкой пшеницы.

В 2024 году под руководством М. Г. Дивашука проведено GBS (Genotyping-by-sequencing), секвенирование набора образцов коллекции «Арсенал». Анализ тепловых карт картирования на основе 19-ти сборок позволил обнаружить 5 инсерций, 13 дупликаций, 19 предполагаемых делеций и 126 интрогрессий в субгеномах А, В и D. Размеры обнаруженных интрогрессий составляли от 3 до 802 Мбр (целая хромосома). На основании существующих аннотаций регионы хромосомных перестроек были функционально аннотированы. По итогам работы гены, представленные в интрогрессиях и инсерциях могут быть использованы в создании пангенома пшеницы мягкой пшеницы. А также могут быть использованы в селекционном процессе после их функциональной проверки, что будет способствовать его интенсификации и ускорению.

Реальные перспективы использования линий коллекции «Арсенал» и материала, созданного с их участием, видим в создании новых сортов пшеницы с групповой устойчивостью к болезням, а также в придании устойчивости к ржавчинным грибам уже созданным сортам с использованием маркер ассоциированной селекции и доноров с идентифицированными генами устойчивости *Pm*, *Lr*, *Sr*. Предлагаем скорректировать стратегию генетической защиты сортов пшеницы к стеблевой ржавчине в селекцентрах РФ с использованием продуктивных доноров устойчивости второго цикла отбора с использованием редко используемых генов *Sr32*, *Sr39*, *Sr40*, *Sr47*. Следует также расширить исследования по поиску генов, аллелей и маркеров, связанных с улучшенными показателями белка, пищевых волокон, устойчивого крахмала и микроэлементов в зерне пшеницы с чужеродным генетическим материалом.

ИСХОДНЫЙ МАТЕРИАЛ ДЛЯ СЕЛЕКЦИИ ЯРОВОЙ ПШЕНИЦЫ В ФИЦ «НЕМЧИНОВКА»

**Н. В. Давыдова, А. О. Казаченко, А. В. Широколава, А. М. Резепкин, В. А. Нардид,
А. В. Грачева, Е. С. Карева**

Федеральный исследовательский центр «Немчиновка», Московская область, Россия,
mosniish@yandex.ru

SOURCE MATERIAL FOR SPRING WHEAT BREEDING AT NEMCHINOVKA FEDERAL RESEARCH CENTER

**N. V. Davydova, A. O. Kazachenko, A. V. Shirokolava, A. M. Rezepkin, V. A. Nardid,
A. V. Gracheva, E. S. Karyeva**

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

Работы по созданию современных коммерческих сортов яровой пшеницы возможны только при создании и вовлечении в скрещивания нового исходного материала, включая озимые формы, которые обладают большим потенциалом урожайности в силу их биологических особенностей (за счет высокой озерненности колоса, массы 1000 зерен и, как следствие, более высокой продуктивности колоса), а также дигаплоидные сорта и линии, позволяющих значительно ускорить селекционный процесс и линий гексаплоидной мягкой пшеницы, прошедшие экспресс-оценку изоферментного профиля эстераз зрелых семян, позволяющую разделить исходный материал на наиболее перспективные родительские формы по определенным селекционным признакам.

При создании новых сортов яровой мягкой пшеницы в ФИЦ «Немчиновка» в качестве одного из родительских компонентов традиционно используются озимые формы, обладающие, в сравнении с яровыми, большим потенциалом урожайности в силу их биологических особенностей. Особенностью скрещиваний типа «яровая × озимая» является значительный формообразовательный процесс с широким спектром проявления основных лимитирующих признаков

Озимые сорта, включенные в селекционный процесс за период 2015–2024 гг., представлены 275 образцами. С их участием создано 25,7 % гибридного материала, используемого в селекционном процессе. В исследованиях использовали как озимые сорта, созданные в ФИЦ «Немчиновка», так и сорта селекции ФГБНУ «Национальный центр зерна имени П.П. Лукьяненко». Также в скрещивания были вовлечены озимые сортообразцы, полученные из Centre for Agricultural Research (Венгрия, г. Мартонвашар). С использованием озимого компонента в качестве одной из родительских форм в ФИЦ «Немчиновка» созданы сорта яровой пшеницы Московская 35, Лада, Амир, Эстер, Любава, Агрос и ряд новых линий с комплексом лимитирующих хозяйственно ценных признаков. Практически во всех сортах, созданных с 1975 года в ФИЦ «Немчиновка», начиная с сорта Московская 35 (Минская × Безостая 1), в той или иной степени присутствует озимый компонент, используемый при создании родительских форм.

В 2024 году в Государственный реестр селекционных достижений, допущенных к использованию на территории Российской Федерации, внесен сорт Агрос, созданный при участии озимого сорта Московская 56 и яровой пшеницы Злата.

В селекционный процесс также вовлечены линии популяции ITMI, полученные от скрещивания яровой пшеницы сорта Oral 85 с синтетическим гексаплоидом W 7984 (Чесноков, 2012). С использованием инбредных линии популяции ITMI совместно с Агрофизическим институтом (г. Санкт-Петербург) создано 27 гибридных комбинаций на базе лучших сортов яровой пшеницы селекции ФИЦ «Немчиновка» Злата, Агата и Лиза. Государственное сортоиспытание проходят два новых сорта Фаина и Невская, созданные с использованием инбредных линий ITMI.

Гаплоидия в настоящее время все более привлекает внимание генетиков и селекционеров. Это объясняется тем, что в гаплоидных тканях растений можно уловить полезные и устранить летальные и понижающие жизнеспособность рецессивные соматические мутации. Таким образом, у селекционера появляется возможность сокращения продолжительности генетического анализа и более точного определения селекционной ценности гибридных комбинаций, при этом сокращается время создания новых сортов.

В ФИЦ «Немчиновка» разработана и используется при создании новых сортов оптимизированная биотехнология массового производства диплоидизированного материала *in vitro* яровой мягкой пшеницы в системе гаплопродюсера *Zea mays* L.

Проведение оценки по индексу интегральной оценки продуктивности (ИИОП) полученных дигаплоидных линий (ДГ-линий) позволило установить, что их селекционная ценность в значительной степени определяется рекомбинационной способностью исходных форм.

Изучение созданных ДГ-линий (С₃–С₄) позволило предположить, что для повышения точности и надежности оценки по комплексу хозяйственно-полезных признаков необходимо их испытание в нескольких агроклиматических зонах. Оценка ДГ-линий с применением показателя Пусс (%) позволяет провести точное дифференцирование семей и выделить адаптивные к конкретным почвенно-климатическим условиям линий (Давыдова, 2012) и использовать их в селекционном процессе в качестве исходного материала.

Практическим результатом проведенной работы является создание сортов Лизи и ТИМА.

СЕЛЕКЦИОННЫЕ АСПЕКТЫ ПЕРЕЗИМОВКИ ОЗИМОЙ ПШЕНИЦЫ В УСЛОВИЯХ ИЗМЕНЕНИЯ КЛИМАТА НА ЮГО-ВОСТОКЕ ЦЧЗ

Б. А. Дорохов, В. В. Чайкин

Воронежский федеральный аграрный научный центр им. В.В. Докучаева, Воронежская область, Россия, niish1c@mail.ru

BREEDING ASPECTS OF WINTER WHEAT OVERWINTERING UNDER CHANGING CLIMATE CONDITIONS IN THE SOUTHEASTERN PART OF THE CENTRAL BLACK EARTH REGION

B. A. Dorokhov, V. V. Chaikin

Voronezh Federal Agrarian Research Center named after V. V. Dokuchaev, Voronezh Province, Russia, niish1c@mail.ru

Озимая пшеница в Центральном Черноземье начала XX века занимала небольшие посевные площади. Основная причина заключалась в недостаточной для местных условий зимо- морозостойкости растений возделываемых тогда сортов. Поэтому повышение зимостойкости стало основным приоритетом селекции озимой пшеницы в регионе. Степная 135 и Червоная – зимостойкие сорта, созданные в Каменной Степи в середине прошлого века, основой для которых послужил образец саратовской селекции Гостианум 237. Благодаря этим, а также сортам из других селекционных учреждений, озимая пшеница получила широкое распространение в регионе и стала в 50–60-е годы прошлого века ведущей зерновой культурой. Однако высокзимостойкие сорта первого поколения были высокорослыми, имели слабую устойчивость к полеганию, недостаточную для улучшающихся климатических и технологических условий возделывания урожайность и качество зерна. Устраняя недостатки, в гибридизацию стали привлекать более продуктивные, но среднзимостойкие сорта из соседних регионов в различных вариантах скрещиваний. Цель – поиск продуктивных генотипов с зимостойкостью на уровне лучшего родителя, а также трансгрессивных по этому признаку форм. По такой схеме были созданы сорта Базальт (Донецкая 79 × Альбидум 114) и Черноземка 212 (Белгородская 5 × Днепровская 782), которые в конце XX века были включены в Государственный реестр по 5, 7, 8 и 9 регионам России.

Начавшееся в последней четверти XX века потепление климата на планете затронуло и Центрально-Черноземную зону России, в т. ч. ее юго-восточную часть. Так, если за 50-летний период с 1929 по 1978 гг. среднегодовая температура воздуха в Каменной Степи составила 5,2 °С, то за последующие 46 лет (1979–2024 гг.) она достигла 7,1 °С, или увеличилась на 1,9 °С. В общем периоде вегетации озимой пшеницы температура осенних месяцев (сентябрь – ноябрь) стала теплее на 1,1 °С, зимних (декабрь – март) – на 2,8 °С, весенних (апрель – май) – на 2,1 °С и летних (июнь – июль) – на 0,9 °С. При этом нарастание температур в XXI веке идет более интенсивно, чем в конце XX века (+2,6 °С в 2001–2024 гг. против +1,1 °С в 1979–2000 гг.). Полученные данные свидетельствуют о том, что наиболее интенсивно потепление происходит в зимне-весенний период вегетации. Одновременно с повышением температуры воздуха увеличилась и сумма осадков за год. Вместо 459 мм их среднегодовое количество выросло до 518 мм (+59 мм). При этом увеличение произошло во все месяцы вегетации, кроме августа. В этом месяце осадков стало выпадать на четверть меньше, чем было ранее. Рост осадков в XXI веке сопровождается их перераспределением по периодам вегетации. Так, доля осадков, выпадающих в осенне-зимний период, увеличилась с 47,9 % в 1929–1978 гг. до 53,8 % в 1979–2024 гг., а в наиболее важный для онтогенеза растений весенне-летний она, наоборот, уменьшилась с 40,4 % до 38,7 %. Как и в случае с температурой, годовое количество выпадающих осадков в первой четверти XXI века (526,8 мм) оказалось больше, чем в конце XX века (506,3 мм).

Рост температур и количества осадков в период прекращения активной вегетации растений (ноябрь – март) изменили условия перезимовки по сравнению с теми, что были в начале XX века. Зимы стали более «теплыми», «типичные» для условий середины прошлого века морозы в $-30\text{ }^{\circ}\text{C}$ и более сейчас не отмечаются, температура почвы на глубине узла кущения с началом нового века, как правило, далека от критических значений в $-15\dots -18\text{ }^{\circ}\text{C}$. В сочетании с увеличением количества выпадающего снега эти факторы способствовали тому, что гибель растений от вымерзания не наблюдается в настоящее время даже при поздних сроках сева. Потепление привело и к снижению рисков гибели растений от воздействия ледяной корки, которая из-за более высоких температур и слабого промерзания почвы если и образуется, то на короткое время. А ведь эти факторы были основными в числе тех, что сдерживали распространение культуры. В связи с этим в регионе в последние 10–15 лет все большее распространение получают сорта южного и западноевропейского происхождения, зимостойкость которых еще в середине прошлого века была недостаточна для возделывания в местных условиях. Для селекции это открыло новые возможности. Скрещиванием таких сортов с местным селекционным материалом удалось получить рекомбинанты, адаптированные к климатическим условиям перезимовки, но с более высокой урожайностью и другими хозяйственными признаками. При этом произошло изменение морфотипа растений, у которых снизилась высота стебля и вырос индекс урожая. Так были созданы сорта Круиз, Черноземка 88, Крастал, Черноземка 115, Блюдо и Версия (последние четыре совместно с Краснодарским НИЦЗ им. П.П. Лукьяненко).

Однако повышение температур имеет и негативные последствия. Среди них осенние перепады температур и весенние заморозки. Более высокие температуры в сентябре и октябре привели к увеличению продолжительности осенней вегетации растений, что сократило бесснежный период после прекращения осенней вегетации до установления снежного покрова. Одновременно с сокращением продолжительности произошло понижение среднесуточной температуры воздуха в это время с $-0,7$ до $-1,5\text{ }^{\circ}\text{C}$ (в среднем за 2010–2019 гг.). Часто такие условия приводят к тому, что после длительной теплой погоды, продлевающей осеннюю вегетацию, в течение короткого периода времени (одних суток) наступает резкое понижение температуры, которая падает на $10\text{--}15\text{ }^{\circ}\text{C}$ и даже больше (в 2012 г. она достигла $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$). Такая погода может продержаться несколько дней (и это при отсутствии снежного покрова), что может вызвать гибель надземной биомассы. Дальнейший рост и развитие таких поврежденных растений зависит от жизнеспособности узла кущения, которая в складывающихся условиях определяется его морозостойкостью. К негативным последствиям относятся и весенние заморозки. Повышенные температуры способствовали тому, что возобновление весенней вегетации в регионе начинается раньше (в I декаде апреля вместо II, как было ранее). Поэтому заморозки, которые нередки в конце апреля – начале мая, приходятся уже на фазу формирования и роста стебля, а не кущения, как было ранее, и могут привести к гибели побегов. Устойчивость же растений против весенних заморозков не связана с зимостойкостью и контролируется иной генетической системой. Поэтому у образцов, созданных в местных природно-климатических условиях, формируется ассоциация генов с устойчивостью к воздействию таких температурных аномалий. К сортам такого типа относятся Черноземка 130 (Лютесценс 1292 × Лютесценс 1412) и Базальт 2 (Базальт × Ника Кубани) и новый сорт Ньюанс (Черноземка 88 × Базальт × Крастал), переданный на государственное испытание. Геномы этих сортов формировались при длительном воздействии местных климатических условий и адаптированы к ним, учитывая также время создания исходных родительских сортов.

ВНУТРИВИДОВАЯ ИЗМЕНЧИВОСТЬ ПАРАМЕТРОВ ФОТОСИНТЕТИЧЕСКИХ ТКАНЕЙ ФЛАГОВОГО ЛИСТА *TRITICUM DICOCCUM* (SCHRANK) SCHUEBL.

И. С. Киселева, А. А. Ермошин

Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина, Екатеринбург, Россия, irina.kiseleva@urfu.ru

INTRASPECIFIC VARIABILITY OF PHOTOSYNTHETIC TISSUE PARAMETERS IN THE FLAG LEAF OF *TRITICUM DICOCCUM* (SCHRANK) SCHUEBL.

I. S. Kiseleva, A. A. Ermoshin

Ural Federal University named after the First President of Russia B.N. Yeltsin, Yekaterinburg, Russia, irina.kiseleva@urfu.ru

Пшеница, возделываемая человечеством с незапамятных времен, распространена по всему Земному шару и поражает обилием форм. Адаптация к самым разнообразным условиям произрастания часто приводит к появлению значительных различий в морфологии и функциональной анатомии растений из разных мест обитания. В связи с этим важно знать, как изменяются параметры роста и внутренней организации листа в разных условиях произрастания одного и того же вида и их изменчивость у разновидностей в пределах вида.

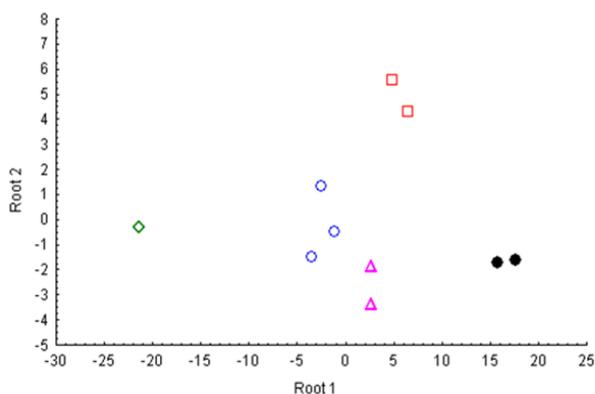
Для изучения данного вопроса был выбран вид пшеницы *Triticum dicoccum* (Schrank) Schuebl. – полба, или эммер, как вид, обладающий достаточным разнообразием форм, но не подвергавшийся такому значительному селекционному давлению, как твердая или мягкая пшеница. Изменчивость показателей в пределах вида изучали на образцах пяти разновидностей *T. dicoccum* из коллекции ВИР: *volgense*, *serbicum*, *rufum*, *haussknechtianum* и смешанная популяция *aeruginosum* и *haussknechtianum*. Оценивали показатели роста растений, площадь и толщину флагового листа, удельную поверхностную площадь листьев (УППЛ), характеристики мезофилла, такие как число и размеры фототрофных клеток и хлоропластов, а также расчетные индексы: внутреннюю ассимиляционную поверхность (A/Ames и Achl/A), клеточный объем хлоропласта (КОХ) и другие.

Сравнение образцов двузернянки по разным характеристикам фотосинтетического аппарата с помощью критерия Манна – Уитни показало недостоверность различий между разновидностями по большинству показателей. Это свидетельствует о том, что изученные структурные и функциональные параметры фототрофных тканей листа обладают видоспецифичностью и использование их для сравнения разных видов вполне правомерно. В то же время, интересно было выяснить, по каким из изучаемых параметров разновидности отличаются друг от друга в большей степени, а какие из показателей являются стабильными и варьируют мало. Для этого были рассчитаны коэффициенты вариации (C_v) и проведен дискриминантный анализ изученных образцов. В ходе пошагового дискриминантного анализа показателей роста и мезоструктуры фотосинтетического аппарата всех образцов вида *T. dicoccum* было обнаружено, что разбиение их на группы по принадлежности к той или иной разновидности произошло в основном за счет ростовых параметров. Наибольшую дискриминантную нагрузку несли суммарная ассимиляционная поверхность листьев и площадь отдельных листьев ($C_v = 0,30$), абсолютная скорость роста ($C_v = 0,28$), толщина листовой пластинки ($C_v = 0,14$) и толщина мезофилла ($C_v = 0,20$), удельная поверхностная плотность листа ($C_v = 0,10$), число клеток в 1 см^2 листа ($C_v = 0,17$) и их размеры ($C_v = 0,47-0,56$). Малой изменчивостью в пределах вида характеризовались так же RGR ($C_v = 0,23$), доля хлорофилла в листе ($C_v = 0,31$) и количество хлоропластов в клетке ($C_v = 0,24-0,41$). Последнее свидетельствует о том, что число пластид в клетке является устойчивым видовым показателем. Расчетные параметры, производные от этих показателей, не влияли

на результаты дискриминантного анализа и имели высокий коэффициент вариации ($C_v = 0,35-0,88$).

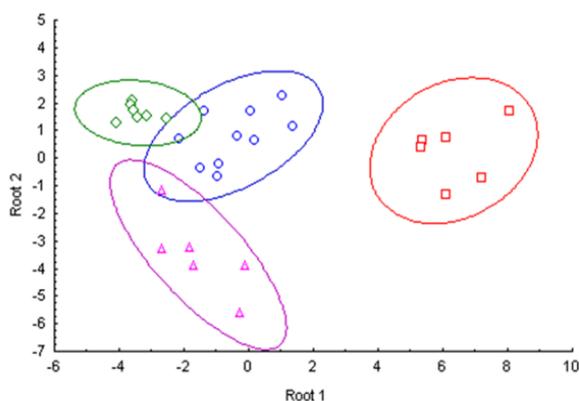
Таким образом, изучение изменчивости параметров роста и внутренней организации тканей листа у разновидностей в пределах одного широко распространенного вида, выращенных в одинаковых условиях, позволило выяснить следующее. Расчетные параметры структуры фототрофных тканей, такие как внутренняя ассимиляционная поверхность и число пластид в единице площади листа, могут варьировать в широких пределах, поэтому их использование для изучения влияния условий произрастания на структуру не является целесообразным, так как сложно провести границу между изменениями, возникшими в результате воздействия среды и собственной вариабельностью признака. Наиболее удобным для использования в этом случае являются такие параметры, как абсолютная и относительная скорость роста и суммарная ассимиляционная поверхность листьев, а из параметров структуры листа – число и размеры клеток, поскольку размах изменчивости значений этих показателей в одинаковых условиях выращивания невелик.

В зависимости от условий вегетационного периода параметры мезоструктуры фотосинтетического аппарата листа растений, происходящих из разных по условиям вегетационного периода областей, менялись в разной степени. Наиболее значительными были изменения таких показателей, как ассимиляционная поверхность и площадь флагового листа, число клеток в единице листовой поверхности, объем мезофилльных клеток и суммарная поверхность клеток в 1 см^2 листа. Недостаток увлажнения приводил к формированию фотосинтетического аппарата листа с ксероморфными чертами (малой площадью листьев, большим числом мелких клеток), а высокая влажность – к увеличению размеров листьев и клеток мезофилла. Это свидетельствует о том, что все разнообразие перестроек мезофилла на тканевом уровне организации при адаптации растений к различным условиям обеспечивается варьированием количественных и объемных величин.



Дискриминантный анализ параметров роста и характеристик мезофилла листа разновидностей *T. dicoccum*

- - var. volgense, ■ - var. serbicum,
- ▲ - var. haussknechtianum, ◆ - var. rufum
- - var. смешанная популяция aeruginosum и haussknechtianum



Разбиение выборки *T. dicoccum* (Schrank) Schuebl. по условиям сезонов вегетации разных лет (метод дискриминантного анализа).

- - ГТК=0,85 ■ - ГТК=1,74 ◆ - ГТК=0,44 ▲ - ГТК=1,37.

ИЗУЧЕНИЕ ГЕНОФОНДА МИРОВОЙ КОЛЛЕКЦИИ ОЗИМОЙ МЯГКОЙ ПШЕНИЦЫ С ЦЕЛЮ ВЫЯВЛЕНИЯ ИСТОЧНИКОВ УСТОЙЧИВОСТИ К БУРОЙ РЖАВЧИНЕ

С. В. Лящева, Э. А. Конькова

Федеральный аграрный научный центр Юго-Востока, Саратов, Россия,
lyaschevasveta@yandex.ru

STUDYING THE GENE POOL OF WINTER BREAD WHEAT FROM THE GLOBAL COLLECTION IN ORDER TO IDENTIFY THE SOURCES OF RESISTANCE TO BROWN RUST

S. V. Lyashcheva, E. A. Konkova

Federal Center of Agriculture Research of the South-East Region, Saratov, Russia,
lyaschevasveta@yandex.ru

Одной из ведущих отраслей экономики Саратовской области является сельскохозяйственное производство. Среди ряда факторов, лимитирующих урожай зерновых культур, особое место занимают инфекционные заболевания. Проводимый ежегодный мониторинг фитосанитарного состояния посевов озимой мягкой пшеницы в регионе показывает, что наблюдается активное развитие болезней листового аппарата и накопление их инфекционного потенциала.

В результате многолетних исследований отмечено увеличение агрессивности возбудителя бурой ржавчины пшеницы в Саратовской области (рисунок). Бурая ржавчина (возбудитель *Puccinia triticina* Erikss.) является серьезным заболеванием пшеницы во всех регионах России. Поэтому приоритетным направлением селекции озимой мягкой пшеницы на иммунитет в ФАНЦ Юго-Востока был и остается непрерывный поиск и использование новых эффективных генетических источников.



Рисунок. Бурая ржавчина озимой мягкой пшеницы

Цель работы – скрининг мировой коллекции озимой мягкой пшеницы по устойчивости к возбудителю бурой ржавчины в условиях Саратовской области.

Исследования проводили на базе ФГБНУ «Федеральный аграрный научный центр Юго-Востока» (г. Саратов). Образцы высевали в оптимальные сроки сеялкой ССФК-8 на делянках площадью 3 м² в однократной повторности. Норма высева семян – 450 всхожих семян/м². Материалом исследований являлись сортообразцы мировой коллекции озимой

мягкой пшеницы ВИР (селекционных центров США, Канады, Украины, Словакии, Латвии, Венгрии и др.), а также образцы отечественной селекции (ФАНЦ Юго-Востока, НЦЗ им. П.П. Лукьяненко, Северо-Кавказский ФНАЦ и др.).

Пораженность сортообразцов озимой мягкой пшеницы возбудителем листовой ржавчины учитывали в период максимального развития заболевания. Оценивались тип реакции на инокуляцию возбудителем (балл) и степень поражения растений (%). Тип реакции пшеницы определяли по шкале Roelfs et al. (1992), где реакция «R» означает устойчивость (баллы 0, 0; 1), «MR» – умеренная устойчивость (балл 2), «MS» – умеренная восприимчивость (баллы 2–3, X), «S» – восприимчивость (балл 4). Степень поражения ржавчинными болезнями (в %) оценивали по шкале Peterson et al. (1948).

Инокулюм возбудителя *P. triticina* для искусственного заражения в лабораторных условиях был собран с районированных и перспективных сортов озимой мягкой пшеницы в конце их вегетации при максимальном развитии уровня заболевания в полевом питомнике.

Лабораторную оценку при искусственном заражении возбудителем бурой ржавчины проводили по методике Mains, Jackson (1926), где балл 0 – отсутствие симптомов; балл 0; – некрозы без пустул; балл 1 – очень мелкие пустулы, окруженные некрозом (R); балл 2 – пустулы среднего размера, окруженные некрозом или хлорозом (MR); балл 3 – пустулы среднего размера без некроза (MS), балл 4 – крупные пустулы без некроза (S), балл X – пустулы на одном и том же листе разных типов, присутствуют хлорозы и некрозы (MS). Растения с баллами 0, 1, 2 относили к устойчивым, 3, 4, X – к восприимчивым.

В период 2020–2023 гг. в селекционном питомнике в ФГБНУ «ФАНЦ Юго-Востока» в полевых условиях на естественном инфекционном фоне была проведена оценка устойчивости сортообразцов мировой коллекции озимой мягкой пшеницы к бурой ржавчине.

В зависимости от проявления генотипа устойчивости было выявлено 19 % образцов пшеницы с ювенильной и около 15 % – с возрастной резистентностью, а также 12 % образцов с высоким уровнем частичной устойчивости.

Образцы озимой мягкой пшеницы с ювенильной устойчивостью, как правило, проявляли иммунную (0, 0;) или устойчивую реакцию (1, 2 балла), а с возрастной устойчивостью, имея восприимчивую реакцию в стадии всходов, проявляли устойчивость в стадии флаг-листа. При высоком уровне частичной устойчивости проявлялся восприимчивый тип реакции (3, 4 балла) с интенсивностью поражения растений к концу вегетации не выше 20–45%.

Большинство изучаемых образцов озимой мягкой пшеницы (около 60 %) оказались восприимчивыми к бурой ржавчине.

Образцы озимой мягкой пшеницы существенно различались по устойчивости к бурой ржавчине в зависимости от своего происхождения. Из 115 отечественных образцов озимой мягкой пшеницы высокую устойчивость к бурой ржавчине в течение 2–3 вегетационных сезонов проявили около 30 % сортообразцов.

В результате проведенных фитопатологических исследований оценена устойчивость мировой коллекции озимой мягкой пшеницы к бурой ржавчине в условиях Саратовской области РФ. Многолетнее изучение мировой коллекции озимой мягкой пшеницы в условиях Саратовского региона показало, что обнаруженных источников устойчивости к бурой ржавчине недостаточно. Для расширения разнообразия озимой пшеницы по устойчивости к данному патогену в селекцию необходимо привлекать новые эффективные доноры устойчивости.

КОЛЛЕКЦИЯ ВИР В СЕЛЕКЦИИ ОМСКОГО АГРАРНОГО НАУЧНОГО ЦЕНТРА

П. Н. Николаев, О. А. Юсова

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

THE VIR COLLECTION IN PLANT BREEDING PRACTICE AT OMSK AGRICULTURAL SCIENTIFIC CENTER

P. N. Nikolaev, O. A. Yusova

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

Традиционно основными возделываемыми культурами являются зерновые, которые находят применение и в продовольственной промышленности и в кормопроизводстве. Ярким представителем зернофуражных культур является ячмень, являясь относительно неприхотливой культурой. Наряду с нетребовательностью к возделыванию, ячмень характеризуется повышенной урожайностью и ценным качественным составом зерна, что особо актуально для производства функционального питания.

Весьма значимым подспорьем, а, зачастую, и основой создания новых сортов является мировая коллекция Всероссийского института генетических ресурсов имени Н.И. Вавилова (ВИР). Значимость наследия великого ученого трудно переоценить. Как в давние времена, так и в настоящее время, коллекция ВИР представляет собой уникальный генетический банк, представленный как стародавними сортами и дикими формами, так и новыми селекционными формами. Отечественные селекционеры имеют возможность обращаться к этой коллекции и включать интересные и перспективные образцы в свои селекционные программы, что особенно актуально в настоящее время – время климатических перемен.

За период с 1936 по 2020 г. в Омском аграрном научном центре создано 27 сортов ячменя. В их селекции использованы как местные образцы, так и сортообразцы Украины, Казахстана, Канады, Германии и Турции. Созданы иммунные, экологически пластичные сорта кормового (зерно) и пивоваренного направлений использования, имеющие широкое распространение в Российской Федерации (Уральский, Западно-Сибирский и Восточно-Сибирский регионы, Алтайский край) и в Республике Казахстан (Северо-Казахстанская и Акмолинская области).

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

Результаты исследований сортов коллекционного питомника показали, что в условиях южной лесостепи Западной Сибири данные сорта характеризовались пониженными значениями данных показателей по отношению к стандартному сорту. Объяснением данного эффекта может служить климатические особенности Сибирского региона, который относится к зоне резко континентального климата (зона рискованного земледелия). Неудивительно, что сорта иных центров селекции, несмотря на значительное количество положительных и ценных характеристик, с трудом могут произрастать в данных условиях. Поэтому обязательным условием для включения данных сортов в программу гибридизации является наличие в ней также сортов сибирского экотипа, которые обеспечат передачу полученному гибриднему материалу параметров адаптивности.

Однако, несмотря на перечисленные трудности, в селекционной программе Омского АНЦ широко применяются сорта как инорайонной, так и зарубежной селекции, которые вносят значительный вклад в создание новых перспективных сортов. Сибирские экотипы ячменя, отличающиеся повышенной адаптивностью к местным жестким климатическим факторам, необходимо продолжать сохранять в Национальной коллекции РФ.

В качестве примера значительного вклада сортов коллекции ВИР в селекционную программу Омского АНЦ авторы хотели бы рассмотреть сорт Саша.

Скрещивание (Медикум 4396 × Медикум 4369) проведено в 1994 г., в 2001 г. выделено элитное растение; в Госреестр РФ сорт включен с 2012 г.

Несмотря на то, что основными родительскими формами являются линии селекции Омский АНЦ, каждая линия получена при непосредственном участии сортов как зарубежной – Stm 48076, К 920 (Канада), К 900 (Франция), так и отечественной селекции (Одесский 9, Колхозный, Донецкий 8, К-2090, Голозерный). Наблюдается в родословной сорта Саша также сорт Омской селекции – Омский 86.

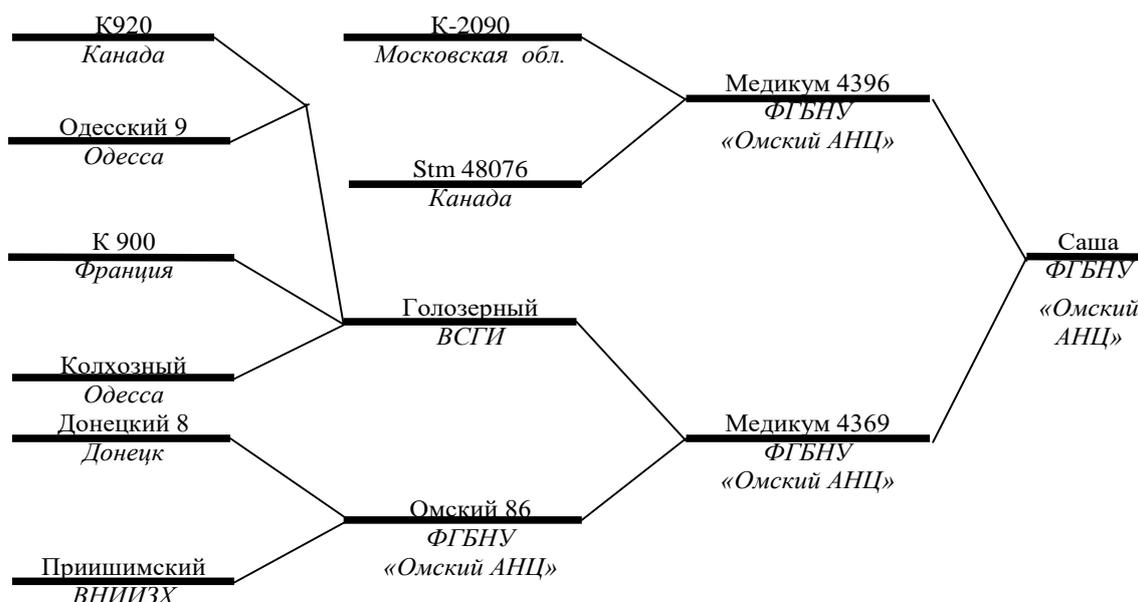


Рисунок. Родословная сорта ячменя ярового Саша

Сорт Саша и родительский сорт Донецкий 8 являются мономорфными (формула гордеинов сорта Саша: Hrd A12 B8 F2; Донецкий 8: Hrd A28 B19 F3). Родительский сорт Омский 86 напротив, гетерогенен: Hrd A2+28 B19 F3. Анализ электрофореграмм позволяет говорить о слабом родстве между данными сортами (поскольку в родословной присутствует множество образцов), что требует дополнительных исследований.

Таким образом, селекционный процесс – это постоянный конвейер многофакторного анализа селекционного и коллекционного материала. Созданные ранее сорта включаются в схемы гибридизации и становятся родительскими для последующих сортов. Большое значение в данном процессе играют сорта различных центров селекции – они являются источниками новых актуальных признаков для гибридного материала. Однако адаптивность к сложным климатическим условиям могут передать только сорта местной селекции.

ИЗМЕНЧИВОСТЬ РЕОЛОГИЧЕСКИХ СВОЙСТВ ТЕСТА У ОБРАЗЦОВ ЯРОВОЙ МЯГКОЙ ПШЕНИЦЫ В ЗАВИСИМОСТИ ОТ ГЕОГРАФИЧЕСКОЙ ТОЧКИ ВОЗДЕЛЫВАНИЯ

М. В. Соловьева, И. А. Кибкало, Н. С. Обухова, Е. В. Зуев, Н. А. Швачко
Федеральный исследовательский центр Всероссийский институт генетических ресурсов растений имени Н.И. Вавилова (ВИР), Санкт-Петербург, Россия,
maria.soloveva.97@mail.ru

VARIABILITY OF RHEOLOGICAL PROPERTIES OF DOUGH IN SPRING BREAD WHEAT ACCESSIONS DEPENDING ON THE GEOGRAPHIC SITE OF THEIR CULTIVATION

M. V. Solovyeva, I. A. Kibkalo, N. S. Obukhova, E. V. Zuev, N. A. Shvachko
N.I. Vavilov All-Russian Institute of Plant Genetic Resources (VIR), St. Petersburg, Russia,
maria.soloveva.97@mail.ru

Реологические свойства теста играют важную роль в определении качества зерна и предсказании поведения тестовых заготовок во время технологических процессов: замеса, формовки и выпечки. Эти свойства влияют на текстуру и объем конечного продукта, а также на эффективность технологических операций. Понимание реологических характеристик теста позволяет оптимизировать рецептуры и режимы обработки, что способствует повышению качества хлебобулочных изделий.

Фаринограф является одним из основных инструментов в хлебопекарной промышленности для анализа реологических свойств теста. Он позволяет получить данные о его механическом поведении в процессе замеса, что важно для обеспечения адекватности технологических процессов и получения качественной продукции. Фаринограф позволяет проводить замес теста в контролируемых условиях и фиксировать изменения, происходящие в нем.

Основные параметры, определяемые с помощью фаринографа:

- время образования теста (время достижения максимальной вязкости)
- устойчивость теста к замесу, стабильность теста – позволяют оценить, насколько быстро тесто готовится к дальнейшей обработке, говорят о стойкости теста к деформации при непрерывных нагрузках.

- степень разжижения теста – показывает, как быстро тесто теряет технологическое качество во время непрерывной механической обработке;

- валориметрическое число – обобщающий показатель фаринографического испытания, по которому судят о хлебопекарных достоинствах образца перед осуществлением пробной хлебной выпечки;

- водопоглотительная способность муки (ВПС) – позволяет определить количество воды необходимое для замеса теста оптимальной технологической консистенции.

Исследования проводились на 186 образцах яровой мягкой пшеницы, выращенных в двух географических точках (Омск, Самара). Все зарегистрированные показатели: водопоглотительная способность муки (ВПС), время образования теста (ВОТ), стабильность теста, разжижение теста после 10 минут с начала замеса, разжижение теста после 12 минут после начала разжижения, коэффициент качества и число валориметра на высоком уровне дифференцировали изучаемый материал (таблица).

Географическая точка возделывания пшеницы также оказывала существенное влияние на реологические свойства теста.

Таблица. Результаты оценки образцов яровой мягкой пшеницы по показателям фаринографа в зависимости от географической точки выращивания (2022 г.)

Показатели	ВПС, %		ВОТ, мин.		Стабильность, мин		Разжижение 10, ед пр.		Разжижение 12, ед. пр.		Коэффициент качества, ед. пр.		Число валориметра, ед. пр.	
	О	С	О	С	О	С	О	С	О	С	О	С	О	С
Средняя по опыту	69,5	63,4	3,11	3,12	1,46	1,73	81,6	92,5	99,2	110,2	48,2	54,6	46,7	45,6
Амплиту-да колебания	14	17	5,17	16,89		11,48	195	212	213	204	123	251	43	70
F-критерий (локации)	868,80*		0,27		4,6*		9,38*		8,51*		5,29*		2,35	
F- критерий (сорта)	2,66*		2,0*		1,39*		2,45*		2,41*		1,70*		2,66*	
НСР	3,99		2,27		2,35		66,47		66		51,93		14,92	

Примечание: О – данные по урожаю, полученному в Омской области, С – данные по урожаю, полученному в Самарской области. * – значимость F-критерия

Таким образом, изучаемые в наборе сорта яровой мягкой пшеницы обладали различной степенью стабильности выраженности признаков качества зерна – от высокой стабильности до повышенной пластичности, проявляя часто индивидуальную реакцию на те или иные условия выращивания. Однако, несмотря на это, в целом по опыту у показателей ВОТ и валориметрического числа выявлена несущественность различий между образцами по месту возделывания. При этом значимость межсортовых различий сохранялась по всем показателям. Такая условная консервативность проявления нормы реакции генотипов яровой мягкой пшеницы по данным двум критериям делает их наиболее перспективными в изучении генетической детерминированности признаков качества зерна.

НОВЫЕ ВОЗМОЖНОСТИ ДЛЯ ПАСПОРТИЗАЦИИ СОРТОВ МЯГКОЙ ПШЕНИЦЫ С ПРИМЕНЕНИЕМ МЕТОДА ФРАГМЕНТНОГО АНАЛИЗА

В. А. Старцев, Е. К. Хлесткина

Федеральный исследовательский центр Всероссийский институт генетических ресурсов растений имени Н.И. Вавилова (ВИР), Санкт-Петербург, Россия, startsev136@gmail.com

NEW FRONTIERS IN DEVELOPING MICROSATELLITE GENOTYPING OF *TRITICUM AESTIVUM* USING DNA FRAGMENT ANALYSIS

V. A. Startsev, E. K. Khlestkina

N.I. Vavilov All-Russian Institute of Plant Genetic Resources (VIR), St. Petersburg, Russia, startsev136@gmail.com

Пшеница входит в четверку наиболее продуктивных сельскохозяйственных культур в мире. По данным Продовольственной и сельскохозяйственной организации Объединенных Наций в 2022 году в мире было собрано 808,4 млн тонн ее зерна. Россия среди стран-производителей занимает третье место – 104,2 млн тонн, ее доля в мировом производстве составляет 12,8 %, для России пшеница является основной сельскохозяйственной культурой. За 30 лет ее производство в нашей стране удвоилось. В успехе производства пшеницы трудно переоценить роль селекционной работы, направленной на улучшение урожайности и качества зерна. А также пшеница как стратегическое сырье нуждается в контроле за перемещением при экспорте зерна из России и его возможном реэкспорте из других стран, что связано с установлением экспортной пошлины, а также регулированием тарифов на пшеницу в целом. Современным высокопроизводительным методам для селекционной работы, задач паспортизации пшеницы является использование молекулярных маркеров.

Простые повторяющиеся последовательности (Simple Sequence Repeats (SSR) – маркеры, основанные на полиморфизме длины коротких (2–6 нуклеотидов) повторов (микросателлитов), распределенных по всему геному. Начиная с конца 80-х годов прошлого столетия такие маркеры нашли широкое применение в популяционной генетике человека, при установлении наличия или отсутствия родства. Внедрение и общемировое распространение метода анализа микросателлитов и его стандартизация обеспечили прогресс геногеографии, паспортизации и идентификации неизвестных образцов с выявлением родственных связей в криминалистике.

Целью работы является изучение генетического разнообразия сортов мягкой пшеницы из коллекции мировых генетических ресурсов ВИР с применением разрабатываемой в исследовании тест-системы на основе микросателлитных маркеров.

В популяционной генетике мягкой пшеницы на протяжении последних 20 лет накоплены обширные данные о микросателлитах. В последние годы проведено полногеномное секвенирование пшеницы и систематизировано более 300 000 микросателлитов. Эта информация создает предпосылки для создания высокоэффективного инструмента для паспортизации мягкой пшеницы с использованием высокопроизводительных секвенаторов и программ для генотипирования, стандартизации и автоматического расчета аллелей. Наиболее перспективным является использование тетра и пента-нуклеотидных микросателлитов. Ведется разработка не менее чем по одному микросателлиту на пару гомологичных хромосом пшеницы, основанная на отборе наиболее полиморфных микросателлитов, что в сумме составит не менее 21 микросателлита. Микросателлиты будут сгруппированы по 5 флуорофоров в виде мультиплекса для последующего высокопроизводительного анализа на секвенаторе. Создание аллельных стандартов позволит проводить анализ в режиме с автоматизацией расчета аллелей.

В рамках настоящей работы проведен анализ генома пшеницы сорта Chinese spring

(сборка 2.1) с использованием алгоритмов MISA. Составлена база микросателлитных локусов с длиной мотива 4 нуклеотида 14 532 микросателлита, и 5 нуклеотидов – 8945 микросателлита. Проведен биоинформатический анализ генетической изменчивости отобранных микросателлитов, а также проведена оценка фланкирующих областей с точки зрения возможности подбора специфических праймеров, позволяющих проводить амплификацию конкретного из 3 геномов пшеницы. Всего отобрано 480 микросателлитов, которые могут быть использованы для высокопроизводительного микросателлитного анализа на автоматических секвенаторах.

ПОЛУЧЕНИЕ И ИЗУЧЕНИЕ НОВЫХ ФОРМ ПШЕНИЦЫ С ФИОЛЕТОВОЙ И ЧЕРНОЙ ОКРАСКОЙ ЗЕРНА

Е. В. Чуманова, Т. Т. Ефремова, К. В. Соболев, Е. А. Косяева

Федеральный исследовательский центр Институт цитологии и генетики Сибирского отделения Российской академии наук (ИЦиГ СО РАН), Новосибирск, Россия, chumanova@bionet.nsc.ru

OBTAINING AND STUDYING NEW WHEAT FORMS WITH PURPLE AND BLACK GRAIN

E. V. Chumanova, T. T. Efremova, K. V. Sobolev, E. A. Kosyaeva

Institute of Cytology and Genetics of the Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences (IC&G SB RAS), Novosibirsk, Russia, chumanova@bionet.nsc.ru

Получение биофортифицированной пшеницы с окрашенным зерном (голубым, фиолетовым, черным), которая имеет более разнообразный состав антоцианов и фенольных соединений, более высокое содержание ряда витаминов, макро- и микроэлементов, отражает общемировую тенденцию на повышение питательной ценности зерновых продуктов и их использовании в целях профилактики ряда заболеваний. Фиолетовая окраска зерна обусловлена синтезом антоцианов в клетках перикарпия и контролируется комплементарным взаимодействием генов *Pp-1* (*Pp-A1*, *Pp-B1* и *Pp-D1* в 7AS, 7BS и 7DS) и *Pp3* (2A). Биосинтез антоцианов в алейроновом слое контролируется доминантными аллелями генов *Va* (в хромосомах 4 гомеологической группы), перенесенными от дикорастущих злаков.

Нами получены четыре линии сорта Саратовская 29 (S29) с черной окраской зерна, сочетающие голубую окраску алейронового слоя (донор-*s:S294Th(4B)* (*s:S29Ba*), замещенная линия *T. aestivum-Th. ponticum*, несущая ген *Ba1*) и фиолетовую окраску перикарпия (две изогенные линии сорта S29: *i:S29Pp-D1Pp3^P* (*i:S29^P*) и *i:S29Pp-D1Pp3^{PF}* (*i:S29^{PF}*), с интрогрессиями участков хромосом 7D и 2A от сортов Purple и Purple Feed: *i:S29^P* × *S29Ba* (S29BW1), *S29Ba* × *i:S29^P* (S29BW2), *i:S29^{PF}* × *S29Ba* (S29BW3), *s:S294Th(4B)* × *i:S29^{PF}* (S29BW4). Каждый раз при самоопылении отбирали растения, имеющие темно-коричневые зерновки, путем визуальной оценки окраски. Анализ поперечных срезов зерновок на стадии восковой спелости показал скопление мелких синих включений в органеллах, похожих на вакуоли в клетках алейронового слоя и накопление красно-коричневых пигментированных структур, содержащих антоцианы в клетках перикарпия. Проведенный анализ конфигурации хромосом в МI мейоза у растений поколения F₄ показал, что большинство изученных растений (80–90 %) в каждой из линий были дисомными и имели 21 бивалент (2n = 42). Однако встречались растения с потерей одной хромосомы или плеча или дополненные одной или двумя хромосомами. В дальнейшей работе использовали только дисомные растения.

С помощью ДНК-маркеров показано присутствие генов биосинтеза антоцианов *Ba1* (*ThMYC4ESp*), *Pp-1* (*Pp1-diagnostic*) и *Pp3* (*Pp3-diagnostic*). С помощью SSR-маркера *Xgwm0111*, тесно сцепленного с локусом *Pp-1* на хромосоме 7D, показано присутствие участков интрогрессий от родительских линий *i:S29^P* и *i:S29^{PF}*, а с использованием *Xgwm0375*, амплифицирующего фрагмент хромосомы 4B – отсутствие хромосомы 4B и ее замещение хромосомой пырея.

Голубозерная родительская линия *s:S29Ba* имела более высокий уровень общего содержания антоцианов (135 мкг/г), чем фиолетовозерные линии (*i:S29^P* – 79,4 мкг/г и *i:S29^{PF}* – 81,5 мкг/г) ($p \leq 0,05$). В целом содержание антоцианов у линий с черной окраской зерна было выше по сравнению с исходными родительскими линиями и варьировало от 119,7 до 241,3 мкг/г ($p \leq 0,05$).

По большинству изученных показателей продуктивности колоса и растения, к сожалению, все линии с окрашенным зерном уступали S29, лишь линия $i:S29^P$ выделялась на фоне остальных. Негативное влияние связано с присутствием замещения Th(4B) у линий с голубым и черным зерном.

Дальнейшей целью являлось получение новых генотипов с окрашенным зерном (рисунок) на основе трех районированных сортов: Новосибирская 31 (Н31), Сибирская 21 (Сиб21) и Лидер 80 (Л80), которые могут послужить основой исходного материала для селекции. Для этого проведено скрещивание этих трех сортов с линиями $i:S29^{PF}$ и S29BW2, донорами фиолетовой и черной окраски соответственно. Несмотря на более высокое содержание антоцианов у $s:S29Ba$ по сравнению с $i:S29^{PF}$, мы использовали для гибридизации последнюю из-за негативного влияния замещения Th(4B) на показатели продуктивности. Для отбора гомозиготных растений с фиолетовой и черной окраской зерна в F_2 помимо визуального определения окраски были использованы ДНК-маркеры. Использование внутригенного ДНК-маркера Pp3-diagnostic позволило по длине фрагмента амплификации отличить доминантные аллели гена *Pp3* от рецессивных. Поскольку маркер Pp1-diagnostic не позволяет отличить доминантную гомозиготу от гетерозиготы, то дополнительно использовали SSR-маркер Xgwm0111, однако его применение требовалось только для популяции с участием сорта Н31, поскольку мы выяснили, что сорта Сиб21 и Л80 несут доминантный аллель *Pp-D1*. Среди 40, 25 и 23 проанализированных растений F_2 с участием сортов Н31, Сиб21 и Л80 было выделено 4, 6 и 9 гомозиготных растений с фиолетовой окраской зерна. Расщепление во всех случаях соответствовало теоретически ожидаемому 1 : 2 : 1.

Идентификация гена *Bal* в гибридных популяциях от скрещивания сортов с S29BW2 проводилась с использованием ThMYC4ESp. Отсутствие фрагмента амплификации SSR-маркера Xgwm0375 свидетельствовало о гомозиготности по *Bal*. В популяциях $F_2: S29BW2 \times C21$ и $F_2: S29BW2 \times L80$ среди проанализированных 35 и 45 растений выделены 5 и 4 гомозиготных растения. Все зерна отобранных растений имели темно-коричневую окраску, что подтверждает результаты молекулярного анализа. К сожалению, нам не удалось разделить гомо- и гетерозиготные растения по *Bal* в $F_2: S29BW2 \times H31$, поскольку у сорта Н31 отсутствовал фрагмент амплификации Xgwm0375. Были выделены 6 растений среди 75 проанализированных, несущих три доминантных аллеля: *Pp-D1*, *Pp3* и *Bal*. По результатам анализа потомства каждого из шести этих растений мы выделили два растения, у которых отсутствовало расщепление по окраске зерна на: черные, фиолетовые и черные, голубые, все зерна имели черную окраску.

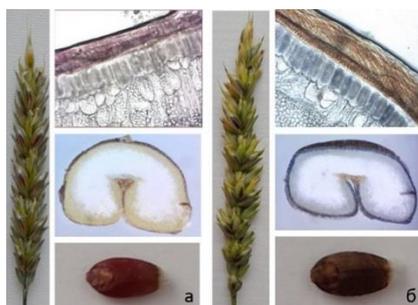


Рисунок. Колос, зерновка и поперечный срез зерновки гибридных растений $F_2: i:S29^{PF} \times H31$ (а) и $F_2: S29BW2 \times Cиб21$ (б) с фиолетовой (накопление антоцианов в перикарпии) и черной окраской (накопление антоцианов в перикарпии и алейроновом слое)

Одна из задач нашей работы заключалась в получении гибридных форм с высокой массой 1000 зерен и фиолетовой/черной окраской зерновки от скрещивания гексаплоидной пшеницы *Triticum petropavlovskiyi* (к-44126, ВИР), для которой характерно наличие крупной удлиненной зерновки, с линией S29BW4. Среди гибридов F_2 наблюдалось расщепление по окраске зерна на красные, голубые, фиолетовые, светло-коричневые и темно-коричневые (черные). На основе фенотипического анализа и с использованием ДНК-маркеров Pp1-

diagnostic, Pp3-diagnostic, ThMYC4ESp и Xgwm0375 в F₄ отобраны гомозиготные гибридные растения с черной и фиолетовой окраской зерна и массой зерновки 42–53 мг.

Надеемся, что среди полученных гибридных растений будут отобраны формы с комплексом хозяйственно ценных признаков, которые могут послужить основой создания антоциан-биофортифицированных сортов для условий Западной Сибири.

Работа поддержана РФФ (№ 24-26-20028) и Министерством науки и инновационной политики НСО (№ р-99).

Алфавитный указатель авторов тезисов

- Абдуллаев К.М. 114
Абдуллаев Р.А. 84, 319, 320
Аврущая Т.Б. 428
Агафонов А.Ф. 245
Агаханов М.М. 361
Агеева А.С. 110
Алекперова Е.А. 410
Аленичева А.Д. 170, 235
Алпатыева Н.В. 84, 320
Алтаева Н.А. 53
Андреева А.С. 272
Андреева Е.А. 389
Анисимова И.Н. 84, 98, 241, 320, 326, 342
Анисимова Н.В. 192, 352
Анисимова О.К. 134
Антонова Е.В. 135
Антонова О.Ю. 104, 118, 136, 202, 226, 239, 277, 288, 294, 322
Апарина В.А. 172
Аринов Б.К. 143
Артемова А.М. 32, 58, 230, 328, 334
Артимович Н.А. 53
Асеева Т.А. 267, 269, 391
Асланова А.А. 383
Афанасьева Ю.В. 89
Ахраров М.А. 174
Бабак О.Г. 192, 352
Багмет Л.В. 398
Бажанова О.В. 400
Баймуратов А.Ж. 355
Байсултанова М.Х. 158
Барабанов И.В. 274
Баранова Е.В. 245
Бардеев И.Ф. 176
Барнашова Е.К. 246
Баталова Г.А. 33
Башко Д.В. 122, 126
Белоусова М.Х. 314, 393
Бемова В.Д. 276
Бердиган Р.Д. 241
Бердников Р.В. 41
Беренсен Ф.А. 136
Бехтольд Н.П. 324
Бойко Н.И. 172
Бондарева Л.Л. 100
Борис К.В. 87
Бочкарев В.Д. 402
Бочкарев Д.В. 402
Бочко Т.Н. 138
Бражников П.Н. 442
Брач Н.Б. 300, 337
Брюхачев Е.Н. 408
Булатова Д.З. 158
Бурляева М.О. 228, 358, 372
Быкова А.В. 178
Вайншенкер Т.С. 235
Варганова И.В. 405, 416
Варфоломеева Т.Е. 93
Васильева М.В. 198, 256
Васипов В.В. 91, 156, 180, 320
Вахрушева В.В. 36, 52
Вержук В.Г. 262, 310
Вертикова Е.А. 246, 423
Вилис П.С. 182
Вишнякова А.В. 184
Вишнякова М.А. 102, 361
Владимирина Е.С. 444
Власова А.А. 186
Воденеев В.А. 446
Войцуцкая Н.П. 141
Волков К.А. 226, 277
Волкова Г.В. 37, 154
Воробьев Н.И. 407
Воронкова Е.В. 110
Воронов С.И. 447
Воронова О.Н. 326
Ворошнина О.В. 279
Габдола А.Ж. 143
Гавриленко Т.А. 39, 104, 239, 294
Гаврилова В.А. 98, 241, 326
Гаврилькова Е.А. 74, 85
Гаджикурбанов Н.А. 281
Гатаулина Г.Г. 363
Герасимова С.В. 128, 135
Гинс В.К. 174
Гинс Е.М. 174
Глаголева А.Ю. 128
Глазунова Е.Д. 292
Голова Т.Г. 145, 150
Гончаров Н.П. 102
Гончарова Е.Е. 188
Горбунов А.Б. 189
Горбунова К.Н. 224, 233
Гордей И.С. 93, 106
Горшков В.В. 405
Грачева А.В. 449
Гриб С.И. 63, 80
Григорьев С.В. 366
Григорьев Ю.Н. 373
Губанов А.В. 156
Губанова Е.А. 156
Гукасян О.Н. 110
Гулин А.В. 59
Гуркина М.В. 358
Гучетль С.З. 332
Давыдова Н.В. 449
Данильцев В.С. 190
Дементьев А.В. 61
Джатаев С.А. 387
Джос Е.А. 120
Дзюбенко Е.А. 361
Дивашук М.Г. 447
Дмитриева М.В. 147
Долгова Е.Л. 63
Дорохов Б.А. 451
Дрозд Е.В. 192, 352
Дубовская А.Г. 310
Думачева Е.В. 65
Дунаева С.Е. 39
Дюбенко Т.В. 393
Егорова А.А. 128
Егорова Г.П. 148
Егорова К.В. 194
Елацкова А.Г. 136
Ерастенкова М.В. 206, 290
Еремин В.Г. 108
Еремينا О.В. 108
Ермишин А.П. 110
Ермошин А.А. 453
Ершова Л.А. 150
Ефремова Т.Т. 463
Забегаяева О.Н. 89
Заварзин А.А. 425
Зайлашева А. 143
Зайцева Н.А. 67
Зарецкий А.М. 196, 383
Заушинцева А.В. 408
Захарчевный И.Г. 197
Зверева О.А. 45
Зедгенизова В.Д. 128
Земцова А.С. 53
Зинченко Ю.Н. 358
Зотеева Н.М. 112
Зуев Е.В. 89, 277, 459
Зыкин П.А. 389
Зыкова Т.Е. 128
Иванов А. 312
Иванов А.А. 198
Иванова Н.В. 85
Иванова Ю.В. 200, 314
Иващенко А.Д. 167, 239
Икко Н.В. 217
Искаков А.Р. 355, 430
Ишмуратова М.Ю. 74, 85
Казаченко А.О. 449
Казыдуб Н.Г. 368
Камнев А.М. 202, 433
Камылина Н.Ю. 208
Капова Р.А. 158
Карева Е.С. 449
Квитко В.Е. 204
Кеппель И. 128
Керв Ю.А. 393
Кертова А.А. 158
Кибкало И.А. 82, 84, 459
Кильчевский А.В. 192, 352
Ким И.В. 239
Киров И.В. 147
Кирсанова А.С. 206
Кирченко А.В. 43
Киселев Е.Г. 284
Киселева А.А. 370
Киселева И.С. 453
Киселева О.А. 335
Клименкова И.Н. 235
Ковалева О.Н. 215, 243, 319
Коваленко Н.Н. 237
Коврижных А.С. 208
Козлов В.А. 122, 126, 298
Кокова А.Х. 158
Колесникова Е.О. 41
Колесова М.А. 316, 393
Колосовская Е.В. 135
Комахин Р.А. 147
Конарев А.В. 393
Конькова Н.Г. 310, 381
Конькова Э.А. 455
Корнюхин Д.Л. 230, 328
Короткова А.М. 128, 135
Костина С. 312
Косяева Е.А. 463
Котелкина И.В. 436
Кочегина А.А. 156, 180
Кочерина Н.В. 194, 361
Кочиева Е.З. 130

- Красинская Т.А. 43
Кривопуск Е.Ю. 72
Кривохатская Ж.В. 252, 312
Кривченко О.А. 58
Крылова А.С. 70
Крылова Е.А. 182, 228, 306, 372
Ксотина Т. 312
Кудинова О.А. 37
Кудрявцев А.М. 87
Кузбакова М. 387
Кузнецова В.А. 210
Кузнецова М.А. 334
Кузьмина Е.В. 39
Кузьмина С.П. 186, 368
Кукоева Т.В. 373
Кумлен Й. 128
Курина А.Б. 45, 375
Кушнаренко С.В. 53
Лавникевич А.С. 80
Ладан С.С. 407, 410
Лапочкина И.Ф. 447
Лебедев Д.В. 330
Лебедева Н.В. 152
Лебединец В.Н. 154
Левый А.В. 110
Лепилова Е.А. 212
Лим Н.Ю. 286
Лисицына О.В. 39
Логинова Е.Д. 332
Локтева А.В. 213
Лоскутов И.Г. 47, 141, 412
Лошакова П.О. 235
Лукина К.А. 215
Лысенко Н.С. 165, 377
Лысов А.К. 407
Любченко А.В. 98, 152
Люсиков О.М. 93, 106
Лялин А. 312
Ляпунова О.А. 277
Лящева С.В. 455
Мавлютов Ю.М. 72
Макаов А.К. 288
Макарова Т.О. 104
Макеева Г.Ю. 208
Максимов Р.А. 380
Малавенда А.С. 217
Малашонок А.С. 84
Мальшев Л.Л. 156, 180, 197, 377, 393
Мальчиков П.Н. 87
Мандрусова В.С. 93
Маркелова А.А. 252, 312
Мартыненко Н.М. 200
Мартынов В.В. 334
Марушевский В.А. 258
Матвиенко И.И. 319
Матиевская О.С. 93
Матыс И.С. 80
Медведев С.С. 182
Медведева Н.В. 363
Межина К.М. 290
Меньков М.Т. 212
Миронова Т.М. 264
Митрофанова О.П. 61, 82, 114, 118, 322
Михайлова А.С. 188
Модоров М.В. 335
Морозов С.В. 128
Мотов В.М. 219
Мотова М.В. 219
Мусина Р.Т. 74, 85
Мясоедов В.В. 76, 222
Нардид В.А. 449
Некрашевич Н.А. 192, 352
Нестерова Е.А. 224, 233
Нигаматьянов А.Р. 226
Никитин М.А. 184
Никифоров А.А. 228
Николаев П.Н. 457
Никольский А.Н. 402
Нужная Н.А. 163, 414
Обухова Н.С. 459
Огренич Н.А. 138
Огудин Г.С. 230
Одерова Е.В. 95
Орлова Е.А. 324
Острых Я.Е. 292
Оськина Н.А. 294
Павлов А.В. 300, 337
Павлова И.А. 50
Павлова О.А. 78
Панченко К.С. 231
Паритов А.Ю. 158
Пендинен Г.И. 82, 104, 114, 116, 314
Первушева М.А. 416
Перепелкина Е. 312
Перчук И.Н. 228, 381
Петраш Н.В. 324
Писаренко Г.В. 296
Пискарев В.В. 172
Пискунова Т.М. 136
Пищик В. Н. 407
Поваляев А.В. 224, 233
Погост А.А. 235
Позняк Е.И. 63
Полежаева М.А. 335
Поливар Н.В. 237
Полховский А.В. 147
Попов В.С. 91, 197, 228, 381
Попова Г.А. 340
Поротников И.В. 118, 226, 277, 322
Пороховинова Е.А. 300, 337
Потапов А.П. 159
Потешкина А.А. 172
Привалов Ф.И. 80
Прядильщикова Е.Н. 36, 52
Пузанский Р.К. 377
Путина О.В. 237
Пышная О.Н. 120
Пюккенен В.П. 82, 118
Радченко Е.Е. 84, 319, 320, 342
Разгонова М.П. 358
Разин О.А. 65
Раковская Е.Л. 298
Рамазанов А.К. 85
Рамазанова С.А. 332
Рахамангулов Р.С. 198, 237, 256, 274
Резепкин А.М. 449
Рогальская Н.Б. 340
Рогозина Е.В. 126, 296, 344
Родионов К.И. 161
Родькина И.А. 122, 126, 298
Розанова И.В. 212
Ромаданова Н.В. 53
Романова О.И. 320
Руденко В.Д. 37
Русецкий Н.В. 122, 126
Рыбаков Д.А. 239
Рязанова М.К. 84, 241, 320
Рязанцев Н.В. 425, 439
Сайнакова А.Б. 442
Сайфутдинова Л.Д. 65
Саликова А.В. 381
Салина Е.А. 373
Сариев Б.С. 355
Сафина Г.Ф. 89, 310
Сафонова И.В. 389
Свиркова С.В. 408
Семанюк Т.В. 122
Семилет Т.В. 243, 306
Сергеева Т. 312
Середин Т.М. 245
Серченя Н. 312
Силантьева М.М. 231
Симагин А.Д. 246
Симагина А.С. 246
Синявина Н.Г. 194
Ситников М.Н. 161, 206
Слободкина А.А. 300
Смирнова Н.В. 243
Смоленская А.Е. 91
Смоликова Г.Н. 182
Смурова Н.В. 248
Соболев К.В. 463
Соколова Д.В. 91, 196, 284, 383
Соколова Е.А. 334
Соколюк А.В. 93, 302
Соловьева А.Е. 91, 152, 196, 296, 328, 375, 381
Соловьева М.В. 459
Солодухина О.В. 346
Сорокопудов В.Н. 330
Старовойтова Т.Е. 308
Старцев В.А. 250, 461
Старцева Ю.В. 250
Стасюк А.И. 373
Сухомлинов В.Ю. 172
Таловина Г.В. 418
Таций А.В. 39
Тетяников Н.В. 304
Тиме Р. 104
Титов Е.В. 189
Титова Г.Е. 314
Тихонова Н.Г. 208, 290
Тлеукинова С.У. 74, 85
Толеген А.Б. 53
Тоцкий И.В. 128, 324, 373
Тошаков С.В. 70
Трифопова А.А. 87
Трофимова В.М. 340
Трубачеева Н.В. 373
Тырышкин Л.Г. 348
Тюкина Е.В. 402
Тютюма Н.В. 67
Ульянов А.В. 306
Уразалиев Р.А. 430
Устюжанин И.А. 219
Ухатов Г.А. 252
Ухатов Ф.А. 254
Ухатова Ю.В. 55, 208, 237, 425
Фатеев Д.А. 334
Федорова К.А. 308
Федорова У.В. 310
Фесенко И.Н. 124

Филатова И.А. 163, 414
 Филимонова Е.С. 256
 Филипенко Г.И. 89
 Филюшин М.А. 134
 Фисенко П.В. 165
 Фокина А. 312
 Фокина Ан. 312
 Фоменко П.А. 385
 Хабурзания М.З. 312
 Хакимова А.Г. 114, 118
 Харченко А.А. 258
 Хасанова Г.Ж. 143, 387
 Хасанова Г.Р. 410
 Хасбиуллина О.И. 167
 Хатефов Э.Б. 306
 Хертиг Е. 128
 Хикель Ш. 128
 Хлесткина Е.К. 29, 128, 135,
 182, 188, 212, 237, 243, 250,
 306, 372, 461
 Хомяков Ю.В. 200
 Хорева В.И. 215, 381, 393
 Хорняк М.П. 260
 Хохленко А.А. 206, 262
 Цветкова Н.В. 389
 Цицилин А.Н. 248
 Чайкин В.В. 451
 Чалая Н.А. 126, 296
 Чашинский А.В. 122, 126, 298
 Чвилева И.Н. 145
 Чеботок Е.М. 335
 Чернов В.Е. 116
 Чернов Р.В. 368
 Чернова Т.А. 138
 Чернявских В.И. 420
 Черняк Е.И. 128
 Черняк К.А. 246
 Чесноков Ю.В. 194
 Чикида Н.Н. 200, 314, 393
 Чиркова У.А. 210
 Чумакова В.В. 264
 Чуманова Е.В. 463
 Чухина И.Г. 202, 286, 294
 Шавруков Ю.Н. 387
 Шамина Л.Ю. 408
 Шаухаров Р.А. 361
 Шашков М.П. 85
 Швачко Н.А. 188, 212, 224,
 233, 243, 306, 308, 459
 Шевченко А.Ю. 267
 Шевченко О.В. 391
 Шеленга Т.В. 91, 366, 377, 381,
 383, 393
 Шепель О.Л. 260, 269
 Шерстобитов В.В. 316
 Шерстюкова Т.П. 239
 Шестерень П.В. 352
 Шибаква А.В. 312
 Шималина Н.С. 135
 Шимко В.Е. 93, 106
 Шипилина Л.Ю. 208, 243, 400
 Широколава А.В. 449
 Шитикова А.В. 363
 Шишкина Е.В. 95
 Шишов А.Ю. 138
 Шоева О.Ю. 128, 324, 373
 Шулейко А.А. 340
 Шулико Н.Н. 370, 395
 Шумилина В.В. 245
 Щенникова А.В. 130
 Щуклина О.А. 131
 Эльгарова Л.З. 158
 Юсова О.А. 457
 Юшкевич И.В. 63
 Яковлева О.В. 350
 Яцевич К.К. 192, 352

Alphabetical index of abstract authors

- Abdullaev K.M. 114
Abdullaev R.A. 84, 319, 320
Afanasyeva Yu.V. 89
Agafonov A.F. 245
Agakhanov M.M. 361
Ageeva A.S. 110
Akhrarov M.A. 174
Alekperova E. A. 410
Alenicheva A.D. 170, 235
Alpatieva N.V. 84, 320
Altayeva N.A. 53
Andreeva A.S. 272
Andreeva E.A. 389
Anisimova I.N. 84, 98, 241, 320, 326, 342
Anisimova N.V. 192, 352
Anisimova O.K. 134
Antonova E.V. 135
Antonova O.Yu. 104, 118, 136, 202, 226, 239, 277, 288, 294, 322
Aparina V.A. 172
Arinov B.K. 143
Artemyeva A.M. 32, 58, 230, 328, 334
Artimovich N.A., 53
Aseeva T.A. 267, 269, 391
Aslanova A.A. 383
Avrutskaya T.B. 428
Babak O.G. 192, 352
Bagmet L.V. 398
Baimuratov A.Zh. 355
Barabanov I.V. 274
Baranova E.V. 245
Bardeev I.F. 176
Barnashova E.K. 246
Bashko D.V. 122, 126
Batalova G.A. 33
Baysultanova M.H. 158
Bazhanova O.V. 400
Bechtold N.P. 324
Belousova M.Kh. 314, 393
Bemova V.D. 276
Berdigan R.D. 241
Berdnikov R.V. 41
Berensen F.A. 136
Bochkarev D.V. 402
Bochkarev V.D. 402
Bochko T.N. 138
Bondareva L.L. 100
Boris K.V. 87
Boyko N.I. 172
Brazhnikov P.N. 442
Brutch N.B. 300, 337
Bryukhachev E.N. 408
Bulatova D.Z. 158
Burlyaeva M.O. 228, 358, 372
Bykova A.V. 178
Chaikin V.V. 451
Chalaya N.A. 126, 296
Chashynskiy A.V. 122, 126, 298
Chebotok E.M. 335
Cherniavskih V.I. 420
Chernov R.V. 368
Chernov V.E. 116
Chernova T.A. 138
Chernyak E.I. 128
Chernyak K.A. 246
Chesnokov Yu.V. 194
Chikida N.N. 200, 314, 393
Chirkova U.A. 210
Chukhina I.G. 202, 286, 294
Chumakova V.V. 264
Chumanova E.V. 463
Chvileva I.N. 145
Daniltsev V.S. 190
Davydova N.V. 449
Dementiev A.V. 61
Divashuk M.G. 447
Dmitrieva M.V. 147
Dolgoval E.L. 63
Dorokhov B.A. 451
Drozd E.V. 192, 352
Dubovskaya A.G. 310
Dumacheva E.V. 65
Dunaeva S.E. 39
Dyubenko T.V. 393
Dzhos E.A. 120
Dzyubenko E.A. 361
Efremova T.T. 463
Egorova A.A. 128
Egorova G.P. 148
Egorova K.V. 194
Elatskova A.G. 136
Elgarova L.Z. 158
Erastenkova M.V. 206, 290
Eremin V.G. 108
Eremina O.V. 108
Ermoshin A.A. 453
Ershova L.A. 150
Fateev D.A. 334
Fedorova K.A. 308
Fedorova U.V. 310
Fesenko I.N. 124
Filatova I.A. 163, 414
Filimonova E.S. 256
Filipenko G.I. 89
Filyushin M.A. 134
Fisenko P.V. 165
Fokina A. 312
Fokina An. 312
Fomenko P.A. 385
Gabdola A.Zh. 143
Gadzhikurbanov N.A. 281
Gataulina G.G. 363
Gavrilenko T.A. 39, 104, 239, 294
Gavrilkova E.A. 74, 85
Gavrilova V.A. 98, 241, 326
Gerasimova S.V. 128, 135
Gins E.M. 174
Gins V.K. 174
Glagoleva A.Yu. 128
Glazunova E.D. 292
Golova T.G. 145, 150
Goncharov N.P. 102
Goncharova E.E. 188
Gorbunov A.B. 189
Gorbunova K.N. 224, 233
Gordej I.S. 93, 106
Gorshkov V.V. 405
Gracheva A.V. 449
Grigoriev Yu.N. 373
Grigoryev S.V. 366
Gryb S.I. 63, 80
Gubanov A.V. 156
Gubanova E.A. 156
Guchetl S.Z. 332
Gukasian O.N. 110
Gulin A.V. 59
Gurkina M.V. 358
Hertig K. 128
Hikel S. 128
Ikko N.V. 217
Ishmuratova M.Yu. 74, 85
Iskakov A.R. 355, 430
Ivanov A. 312
Ivanov A.A. 198
Ivanova N.V. 85
Ivanova Yu.V. 200, 314
Ivashchenko A.D. 167, 239
Jatayev S.A. 387
Kamnev A.M. 202, 433
Kamylnina N.Yu. 208
Kapova R.A. 158
Karyeva E.S. 449
Kazachenko A.O. 449
Kazydub N.G. 368
Kertova A.A. 158
Kerv Yu.A. 393
Khabourzania M.Z. 312
Khakimova A.G. 114, 118
Kharchenko A.A. 258
Khasanova G.R. 410
Khasbiullina O.I. 167
Khassanova G.Zh. 143, 387
Khatefov E.B. 306
Khlestkina E.K. 29, 128, 135, 182, 188, 212, 237, 243, 250, 306, 372, 461
Khokhlenko A.A. 206, 262
Khomyakov Yu.V. 200
Khoreva V.I. 215, 381, 393
Khorniyak M.P. 260
Kibkalo I.A. 82, 84, 459
Kilchevsky A.V. 192, 352
Kim I.V. 239
Kirchenko A.V. 43
Kirov I.V. 147
Kirsanova A.S. 206
Kiselev E.G. 284
Kiseleva I.S. 453
Kiseleva O.A. 335
Kiselyova A.A. 370
Klimenkova I.N. 235
Kochegina A.A. 156, 180
Kocherina N.V. 194, 361
Kochieva E.Z. 130
Koeppel I. 128
Kokova A.H. 158
Kolesnikova E.O. 41
Kolesova M.A. 316, 393
Kolosovskaya E.V. 135
Komakhin R.A. 147
Kon'kova N.G. 310, 381
Konarev A.V. 393
Konkova E.A. 455
Kornukhin D.L. 230, 328
Korotkova A.M. 128, 135

Kostina S. 312
 Kosyaeva E.A. 463
 Kotelkina I.V. 436
 Kovalenko N.N. 237
 Kovaleva O.N. 215, 243, 319
 Kovrizhnykh A.S. 208
 Kozlov V.A. 122, 126, 298
 Krasinskaya T.A. 43
 Krivchenko O.A. 58
 Krivokhatskaya Zh.V. 252, 312
 Krivopusk E. Yu. 72
 Krylova A.S. 70
 Krylova E.A. 182, 228, 306, 372
 Ksotina T. 312
 Kudinova O.A. 37
 Kudryavtsev A.M. 87
 Kukoeva T.V. 373
 Kumlehn J. 128
 Kurina A.B. 45, 375
 Kushnarenko S.V. 53
 Kuzbakova M. 387
 Kuzmina E.V. 39
 Kuzmina S.P. 186, 368
 Kuznetsova M.A. 334
 Kuznetsova V.A. 210
 Kvitko V.E. 204
 Ladan S.S. 407, 410
 Lapochkina I.F. 447
 Lavnikovich A.S. 80
 Lebedev D.V. 330
 Lebedeva N.V. 152
 Lebedinets V.N. 154
 Lepilova E.A. 212
 Levy A.V. 110
 Lim N. Yu. 286
 Lisitsyna O.V. 39
 Loginova E.D. 332
 Lokteva A.V. 213
 Loshakova P.O. 235
 Loskutov I.G. 47, 141, 412
 Lukina K.A. 215
 Lyalin A. 312
 Lyapunova O.A. 277
 Lyashcheva S.V. 455
 Lysenko N.S. 165, 377
 Lysov A.K. 407
 Lyubchenko A.V. 98, 152
 Lyusikov O.M. 93, 106
 Makaov A.K. 288
 Makarova T.O. 104
 Makeeva G. Yu. 208
 Malashonok A.S. 84
 Malavenda A.S. 217
 Malchikov P.N. 87
 Malyshev L.L. 156, 180, 197, 377, 393
 Mandrusova V.S. 93
 Markelova A.A. 252, 312
 Martynenko N.M. 200
 Martynov V.V. 334
 Marushevsky V.A. 258
 Matieuskaya O.S. 93
 Matvienko I.I. 319
 Matys I.S. 80
 Mavlyutov Yu.M. 72
 Maximov R.A. 380
 Medvedev S.S. 182
 Medvedeva N.V. 363
 Menkov M.T. 212
 Mezhdina K.M. 290
 Mikhailova A.S. 188
 Mironova T.M. 264
 Mitrofanova O.P. 61, 82, 114, 118, 322
 Modorov M.V. 335
 Morozov S.V. 128
 Motov V.M. 219
 Motova M.V. 219
 Mussina R.T. 74, 85
 Myasoedov V.V. 76, 222
 Nardid V.A. 449
 Nekrashevich N.A. 192, 352
 Nesterova E.A. 224, 233
 Nigamadyanov A.R. 226
 Nikiforov A.A. 228
 Nikitin M.A. 184
 Nikolaev P.N. 457
 Nikolsky A.N. 402
 Nuzhnaya N.A. 163, 414
 Obukhova N.S. 459
 Oderova E.V. 95
 Ogrenich N.A. 138
 Ogudin G.S. 230
 Orlova E.A. 324
 Oskina N.A. 294
 Ostrykh Ya.E. 292
 Panchenko K.S. 231
 Paritov A. Yu. 158
 Pavlov A.V. 300, 337
 Pavlova I.A. 50
 Pavlova O.A. 78
 Pendinen G.I. 82, 104, 114, 116, 314
 Perchuk I.N. 228, 381
 Perepelkina E. 312
 Pervusheva M.A. 416
 Petrash N.V. 324
 Pisarenko G.V. 296
 Pishchik V.N. 407
 Piskarev V.V. 172
 Piskunova T.M. 136
 Pogost A.A. 235
 Polezhaeva M.A. 335
 Polivara N.V. 237
 Polkhovskiy A.V. 147
 Popov V.S. 91, 197, 228, 381
 Popova G.A. 340
 Porokhvinova E.A. 300, 337
 Porotnikov I.V. 118, 226, 277, 322
 Potapov A.P. 159
 Poteshkina A.A. 172
 Povalyaev A.V. 224, 233
 Poznyak E.I. 63
 Privalov F.I. 80
 Pryadilshchikova E.N. 36, 52
 Putina O.V. 237
 Puzansky R.K. 377
 Pyshnaya O.N. 120
 Pyukkenen V.P. 82, 118
 Radchenko E.E. 84, 319, 320, 342
 Rakhmangulov R.S. 198, 237, 256, 274
 Rakovskaya E.L. 298
 Ramazanov A.K. 85
 Ramazanova S.A. 332
 Razgonova M.P. 358
 Razin O.A. 65
 Rezepkin A.M. 449
 Rodionov C.I. 161
 Rodkina I.A. 122, 126, 298
 Rogalskaya N.B. 340
 Rogozina E.V. 126, 296, 344
 Romadanova N.V. 53
 Romanova O.I. 320
 Rozanova I.V. 212
 Rudenko V.D. 37
 Rusetskiy N.V. 122, 126
 Ryazanova M.K. 84, 241, 320
 Ryazantsev N.V. 425, 439
 Rybakov D.A. 239
 Safina G.F. 89, 310
 Safonova I.V. 389
 Sainakova A.B. 442
 Sajfutdinova L.D. 65
 Sakaliuk H.U. 93, 302
 Salikova A.V. 381
 Salina E.A. 373
 Sariev B.S. 355
 Semanyuk T.V. 122
 Semilet T.V. 243, 306
 Serchenya N. 312
 Seredin T.M. 245
 Sergeeva T. 312
 Shamina L. Yu. 408
 Shashkov M.P. 85
 Shaukharov R.A. 361
 Shavrukov Y.N. 387
 Shchennikova A.V. 130
 Shchuklina O.A. 131
 Shelenga T.V. 91, 366, 377, 381, 383, 393
 Shepel O.L. 260, 269
 Sherstobitov V.V. 316
 Sherstyukova T.P. 239
 Shesteren P.V. 352
 Shevchenko A. Yu. 267
 Shevchenko O.V. 391
 Shibakova A.V. 312
 Shimalina N.S. 135
 Shipilina L. Yu. 208, 243, 400
 Shirokolava A.V. 449
 Shishkina E.V. 95
 Shishov A. Yu. 138
 Shitikova A.V. 363
 Shoeva O. Yu. 128, 324, 373
 Shuleyko A.A. 340
 Shuliko N.N. 370, 395
 Shumilina V.V. 245
 Shvachko N.A. 188, 212, 224, 233, 243, 306, 308, 459
 Shymko V.E. 93, 106
 Silantjeva M.M. 231
 Simagin A.D. 246
 Simagina A.S. 246
 Sinyavina N.G. 194
 Sitnikov M.N. 161, 206
 Slobodkina A.A. 300
 Smirnova N.V. 243
 Smolenskaya A.E. 91
 Smolikova G.N. 182
 Smurova N.V. 248
 Sobolev K.V. 463
 Sokolova D.V. 91, 196, 284, 383
 Sokolova E.A. 334
 Solodukhina O.V. 346

Solovyeva A.E. 91, 152, 196,
 296, 328, 375, 381
 Solovyeva M.V. 459
 Sorokopudov V.N. 330
 Starovoytova T.E. 308
 Startsev V.A. 250, 461
 Startseva J.V. 250
 Stasyuk A.I. 373
 Sukhomlinov V.Yu. 172
 Svirikova S.V. 408
 Talovina G.V. 418
 Tatsiy A.V. 39
 Tetyannikov N.V. 304
 Thieme R. 104
 Thubacheeva N.V. 373
 Tikhonova N.G. 208, 290
 Titov E.V. 189
 Titova G.E. 314
 Tleukenova S.U. 74, 85
 Tolegen A.B. 53
 Toshchakov S.V. 70
 Totsky I.V. 128, 324, 373
 Trifonova A.A. 87
 Trofimova V.M. 340
 Tsitsilin A.N. 248
 Tsvetkova N.V. 389
 Tyryshkin L.G. 348
 Tyukina E.V. 402
 Tyutyuma N.V. 67
 Ukhatov F.A. 254
 Ukhatov G.A. 252
 Ukhatova Yu.V. 55, 208, 237,
 425
 Ulyanov A.V. 306
 Urazaliev R.A. 430
 Ustyuzhanin I.A. 219
 Vakhrusheva V.V. 36, 52
 Varfalameyeva T.E. 93
 Varganova I.V. 405, 416
 Vasilyeva M.V. 198, 256
 Vasipov V.V. 91, 156, 180, 320
 Vertikova E.A. 246, 423
 Verzhuk V.G. 262, 310
 Vilis P.S. 182
 Vishnyakova A.V. 184
 Vishnyakova M.A. 102, 361
 Vladimirova E.S. 444
 Vlasova A.A. 186
 Vodeneev V.A. 446
 Voitsutskaya N.P. 141
 Volkov K.A. 226, 277
 Volkova G.V. 37, 154
 Vorobyov N.I. 407
 Voronkova E.V. 110
 Voronov S.I. 447
 Voronova O.N. 326
 Voroshnina O.V. 279
 Wineshenker T.S. 235
 Yakovleva O.V. 350
 Yatsevich K.K. 192, 352
 Yermishin A.P. 110
 Yushkevich I.V. 63
 Yusova O.A. 457
 Zabegaeva O.N. 89
 Zailasheva A.A. 143
 Zaitseva N.A. 67
 Zakharchevny I.G. 197
 Zaretsky A.M. 196, 383
 Zaushintsena A.V. 408
 Zavarzin A.A. 425
 Zedgenizova V.D. 128
 Zemtsova A.S. 53
 Zinchenko Yu.N. 358
 Zoteyeva N.M. 112
 Zuev E.V. 89, 277, 459
 Zvereva O.A. 45
 Zykin P.A. 389
 Zykova T.E. 128



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



Национальный центр
генетических ресурсов
растений



ПРЕЗИДЕНТСКАЯ
БИБЛИОТЕКА



ПРИЛОЖЕНИЯ

SUPPLEMENTS



**ПРИЛОЖЕНИЕ I. ТОРЖЕСТВЕННАЯ ЧАСТЬ
И ЛЕКТОРИЙ «ГЕНЕТИЧЕСКИЕ РЕСУРСЫ
РАСТЕНИЙ: НАУЧНОЕ И КУЛЬТУРНО-
ИСТОРИЧЕСКОЕ НАСЛЕДИЕ» ИЗ ЦИКЛА «ЗНАНИЯ
О РОССИИ»**

**SUPPLEMENT I. THE OFFICIAL PART AND LECTURE
“PLANT GENETIC RESOURCES: SCIENTIFIC,
CULTURAL AND HISTORICAL HERITAGE” FROM
THE CYCLE “KNOWLEDGE ABOUT RUSSIA”**



ВИДЕОЛЕКТОРИЙ. URL: https://vk.com/video-30658717_456239990 (дата публикации: 08.11.2024)

8 ноября 2024 г. в Президентской библиотеке имени Б.Н. Ельцина в рамках цикла «Знание о России» прошло торжественное заседание и состоялся расширенный видеолекторий «Генетические ресурсы растений: научное и культурно-историческое наследие». Научная общественность отметила важную дату в истории российской науки – 130 лет ВИР.

Организаторы мероприятия: Федеральный исследовательский центр Всероссийский институт генетических ресурсов растений имени Н.И. Вавилова (ВИР) и Президентская библиотека имени Б.Н. Ельцина. Мероприятие проходило в год празднования 300-летия Российской академии наук и в день 130-летия создания Бюро по прикладной ботанике при Ученом комитете Министерства земледелия и государственных имуществ Российской империи.

Бюро по прикладной ботанике, созданное в Санкт-Петербурге 27 октября (8 ноября по новому стилю) 1894 г., является правопродшественником Федерального исследовательского центра Всероссийского института генетических ресурсов растений (ВИР).

С началом деятельности Бюро по прикладной ботанике началось научное-технологическое создание всемирноизвестной Вавиловской коллекции генетических ресурсов культурных растений, которая не только имеет научное значение, но и выполняет важнейшую функцию в сфере продовольственной безопасности. История создания и сохранения коллекции ВИР отражает исторические события и процессы, влияющие на развитие науки и образования в России, определяющие влияние нашей страны на

глобальную экономику и политику и формирующие культурно-историческое наследие России.

Спасенная в блокаду уникальная Вавиловская коллекция постоянно пополняется. Сегодня она насчитывает более 320 тыс. образцов генетических ресурсов растений, гербарий – 250 тыс. листов, библиотека – 1,6 млн единиц хранения. С использованием коллекции было выведено свыше 4,5 тыс. сортов сельскохозяйственных культур. Сочетание потенциала коллекции ВИР и современных генетических технологий позволяет ускорить получение новых сортов сельхозкультур с высокими показателями полезных свойств и устойчивых к стрессовым факторам окружающей среды. Продовольственная и технологическая безопасность России по-прежнему – в надежных руках ученых! (<https://minobrnauki.gov.ru/press-center/news/nauka/50995/>).

Были зачитаны приветственные слова от помощника Президента Российской Федерации Андрея Фурсенко, от Государственной Думы Российской Федерации и Совета Федерации Федерального Собрания Российской Федерации, а также Министерства науки и высшего образования Российской Федерации, Министерства сельского хозяйства Российской Федерации, Российской академии наук и других ведомств.

С докладом о роли генетических ресурсов растений в жизни общества – геополитической, экономической, историко-культурной, просветительской – через призму истории и деятельности ВИР и словами благодарности в адрес коллектива за вклад в общее дело на благо российской науки и профессионализм выступила директор ВИР, профессор РАН Е. К. Хлесткина. Ведущие ученые ВИР были награждены юбилейными медалями, посвященными 300-летию со дня образования Российской академии наук.



Фото: URL: <https://www.prlib.ru/news/2006212> (дата публикации: 08.11.2024)

ПРОГРАММА
конференции «ВИР – 130: Генетические ресурсы
растений: к 130-летию со дня учреждения Бюро
по прикладной ботанике при Ученом комитете
Министерства земледелия и государственных имуществ
Российской империи»

PROGRAM
of the Conference “VIR – 130: Plant Genetic Resources: On
the 130th anniversary of the establishment of the Bureau of
Applied Botany under the Scientific Committee
of the Ministry of Agriculture and State Property
of the Russian Empire”

1894. Бюро по прикладной ботанике при Ученом комитете Министерства земледелия и государственных имуществ Российской Империи

1924. Всесоюзный институт прикладной ботаники и новых культур

1894



2024

НАУЧНАЯ ПРОГРАММА

Конференции

ВИР–130: генетические ресурсы растений

5-9 ноября 2024 года
Санкт-Петербург

Национальный центр генетических ресурсов растений



1994. Государственный научный центр

2014. Федеральный исследовательский центр Всероссийский институт генетических ресурсов растений им. Н.И. Вавилова

ОРГАНИЗАТОРЫ И ПАРТНЕРЫ



ВИР-130
Федеральный исследовательский
центр Всероссийский институт
генетических ресурсов растений
имени Н.И. Вавилова



Национальный центр



*генетических ресурсов
растений*



**ПРЕЗИДЕНТСКАЯ
БИБЛИОТЕКА**



СПОНСОРЫ МЕРОПРИЯТИЯ



Brabender®

АВРОРА
ТЕХНОЛОГИИ ИЗМЕРЕНИЙ

РАСПИСАНИЕ

4 ноября *день заезда*

5 ноября *ВІР, ул. Большая Морская, 42-44*

9.00 – 10.00 регистрация (*ул. Большая Морская, 44*)

10.00 – 17.00 параллельные заседания с перерывами
и стендовая сессия, часть 1

Мероприятие № 1. *Ex situ* и *in situ* сохранение и мобилизация генетических ресурсов
(*Розовый зал, ул. Большая Морская, 44*)

Мероприятие № 4. Прикладная генетика культурных растений -
посвящается 90-летию Б.В. Ригина (*Помпейский зал, ул. Большая Морская, 44*)

Мероприятие № 5. Прикладная биохимия и физиология культурных растений -
посвящается 130-летию со дня рождения Н.Н. Иванова (*Конференц-зал, ул. Большая Морская, 42*)

17.00 – 19.00 круглые столы

Мероприятие №8. Сохранение и развитие кадрового потенциала в сфере изучения и использования генетических ресурсов растений - посвящается памяти Л.В. Хотылевой
(*Помпейский зал, ул. Большая Морская, 44*)

Мероприятие №6. Биоразнообразие растений: правовые нормативные, этические, социальные и экономические аспекты (*Помпейский зал, ул. Большая Морская, 44*)

6 ноября *ВІР, ул. Большая Морская, 42-44*

09.00 – 17.00 параллельные заседания с перерывами
и стендовая сессия, часть 2

Мероприятие №2. Расширение генетического разнообразия: фундаментальные и прикладные аспекты - посвящается 125-летию со дня рождения Г.Д. Карпеченко

(*Помпейский зал, ул. Большая Морская, 44*)

Мероприятие №3. Поколение F3 – сессия, часть 1 (*Конференц-зал, ул. Большая Морская, 42*)

Мероприятие № 10. Хлеба России (*Розовый зал, ул. Большая Морская, 44*)

Мероприятие № 7. Сорные и инвазивные растения - посвящается 145-летию со дня рождения А.И. Мальцева (*Розовый зал, ул. Большая Морская, 44*)

17.00 – 18.00 вечерние лекции (*Помпейский зал, ул. Большая Морская, 44*)

7 ноября *ВИР, ул. Большая Морская, 42-44*

09.00 – 10.00 Регистрация вновь прибывших (на заседание НССиС)

**10.00 – 15.30 (17.00) параллельные заседания с перерывами
и стендовая сессия, часть 3**

Мероприятие № 3. Поколение F3 – сессия, часть 2 (*Конференц-зал, ул. Большая Морская, 42*)

Мероприятие № 9. Изучение генетических ресурсов растений: историко-культурные аспекты (**до 17.00**) (*Конференц-зал, ул. Большая Морская, 42*)

Открытое заседание Национального союза селекционеров и семеноводов – совместное мероприятие НССиС и ВИР (**до 15.30**)

(*Помпейский зал с трансляцией в Розовый зал, ул. Большая Морская, 44*)

16.00 – 18.00 экскурсии по ВИР (параллельные группы на часовую экскурсию, необходимо записаться при регистрации)

8 ноября *Президентская библиотека, Сенатская площадь, 3*

09.00 – 17.30 Торжественное заседание и лекторий

Президентская библиотека совместно с ВИР организуют расширенный лекторий «Генетические ресурсы растений: научное и культурно-историческое наследие» из цикла «Знания о России».

09.00 – 10.00 Регистрация (*просим прибыть **ДО** 10.00*)

10.30 – 11.00 Открытие. Приветствия

11.00 – 13.00 Часть I лектория

13.00 – 14.00 Перерыв

14.00 – 16.00 Часть II лектория

16.00 – 17.00 Завершение мероприятий

9 ноября *день отъезда*

Программа на 5 ноября

Мероприятие № 1. *Ex situ* и *in situ* сохранение и мобилизация генетических ресурсов

(5 ноября, Розовый зал, ул. Большая Морская, 44)

10.00 – 11.00 Модераторы: Лоскутов И.Г., Ухатова Ю.В., Чухина И.Г.

Лоскутов Игорь Градиславович, ВИР, Санкт-Петербург – Систематический сбор, комплексное изучение, надежное сохранение и устойчивое использования генетических ресурсов зерновых культур: 130-летний опыт ВИР – 20 минут

Ухатова Юлия Васильевна, ВИР, Санкт-Петербург – *Ex situ* сохранение генетических ресурсов – новый функционал в 21 веке – 20 минут

Баталова Галина Аркадьевна, ФАНЦ Северо-Востока, Киров – Генетический фонд ФИЦ ВИР как основа эффективной селекции на примере овса – 20 минут

11.00 – 11.30 ПЕРЕРЫВ НА КОФЕ

11.30 – 13.00 Модераторы: Лоскутов И.Г., Ухатова Ю.В., Чухина И.Г.

Чухина Ирена Георгиевна, ВИР, Санкт-Петербург – Сохранение *in situ* генофонда культурных растений и их диких родичей: современное состояние, проблемы и перспективы – 15 минут

Артемьева Анна Майевна, ВИР, Санкт-Петербург – Основные направления мобилизации овощных и бахчевых культур ВИР – 15 минут

Дунаева Светлана Ефимовна, ВИР, Санкт-Петербург – Сохранение образцов селекционных сортов и дикорастущих видов малины и ежевики в контролируемых условиях среды – 15 минут

Павлова Ирина Александровна, ВНИИВиВ «Магарач» РАН – Сохранение генофонда винограда в системе *in vitro*: технологические особенности – 15 минут

Герасимова Татьяна Викторовна, Кубанский генетический банк семян – филиал ВИР, Краснодарский край – Длительное хранение семян как основа сохранения генетического разнообразия (на примере Кубанского генетического банка семян – филиала ВИР) – 15 минут

Колесникова Елена Олеговна, СГЦ ООО СоюзСемСвекла, Воронежская обл. – Сохранение коллекционного материала *Beta vulgaris* L. *in vitro* – 15 минут

13.00 – 14.30 ПЕРЕРЫВ НА ОБЕД

14.30 – 16.30 Модераторы: Лоскутов И.Г., Ухатова Ю.В., Чухина И.Г.

Волкова Елена Владимировна, ФНЦ биологической защиты растений – О совместной работе ВИР и ФНЦБЗР с коллекцией генетических ресурсов зерновых культур в области иммунитета к болезням – 20 минут

Боровичев Евгений Александрович, ПАБСИ – филиал КНЦ РАН, Кировск – Коллекции растений Кольского научного центра РАН как основа для прикладных исследований в Арктике – *20 минут*

Ромаданова Наталья Владимировна, ИББР, Алматы – Изучение природных популяций и сохранение *ex situ* биоразнообразия редких исчезающих растений семейства Rosaceae – 20 минут

Курина Анастасия Борисовна, ВИР, Санкт-Петербург – Формирование коллекции пряно-вкусовых и лекарственных культур ВИР – *15 минут*

Красинская Татьяна Анатольевна, РУП «Плодоводства», Самохваловичи – Создание и сохранение свободных и сокопереносимых вирусов коллекций плодовых, ягодных, орехоплодных культур и винограда с помощью биотехнологических методов – *15 минут*

Вахрушева Вера Викторовна, Вологодский научный центр, Вологда – Возделывание капусты кормовой "Мозговая зеленая вологодская" в условиях Вологодской области – *15 минут*

Прядильщикова Елена Николаевна, Вологодский научный центр, Вологда – Возделывание рапса ярового в условиях Вологодской области – *15 минут*

Мероприятие №4. Прикладная генетика культурных растений –

посвящается 90-летию Б.В. Ригина (Голмтейский зал, ул. Большая Морская, 44)

10.00 – 11.00 Модераторы: Радченко Е.Е., Антонова О.Ю., Швачко Н.А.

Яковлева Ольга Владимировна, ВИР, Санкт-Петербург – К 90-летию Бориса Викторовича Ригина – *15 минут*

Радченко Евгений Евгеньевич, ВИР, Санкт-Петербург – Исследования генетического разнообразия культурных растений и их диких родичей – *15 минут*

Солодухина Ольга Владимировна, ВИР, Санкт-Петербург – Доноры устойчивости к болезням и низкого содержания водорастворимых пентозанов в зерне для селекции ржи – *15 минут*

Пороховинова Елизавета Александровна, ВИР, Санкт-Петербург – Зависимость хозяйственно ценных признаков льна-долгунца от погодных условий по результатам 30-летнего изучения в НПБ «Пушкинские и Павловские лаборатории ВИР» – *15 минут*

11.00 – 11.30 ПЕРЕРЫВ НА КОФЕ

Попова Галина Александровна, СибНИИСХиТ – филиал СФНЦА РАН, Томск – Результаты работы по льну-долгунцу томской селекции с использованием генетической коллекции ВИР – *15 минут*

Рогозина Елена Вячеславовна, ВИР, Санкт-Петербург – Коллекция картофеля ВИР – от фенотипического изучения к молекулярно-генетическому анализу – *15 минут*

Абдуллаев Ренат Абдуллаевич, ВИР, Санкт-Петербург – Разнообразие образцов ярового ячменя из стран Восточной Азии по скороспелости и фотопериодической чувствительности – *15 минут*

Поротников Игорь Вадимович, ВИР, Санкт-Петербург – Скрещиваемость мягкой пшеницы с рожью посевной: классические и молекулярные методы в анализе признака – 15 минут

Алпатьева Наталья Владимировна, ВИР, Санкт-Петербург – Разнообразие образцов Кафрского сорго из коллекции ВИР как потенциальных доноров для создания стерильных линий, востребованных в гибридной селекции – 15 минут

Мартынов Виктор Викторович, ВНИИСБ, Москва – Полиморфизм гена устойчивости к фитофторозу *Ph-3* у диких и культурных форм томата из Коллекции ВИР – 15 минут

13.00 – 14.30 ПЕРЕРЫВ НА ОБЕД

14.30 – 16.30 Модераторы: Радченко Е.Е., Антонова О.Ю., Швачко Н.А.

Воронова Ольга Николаевна, БИН РАН, Санкт-Петербург – Изменчивость показателей фертильности пыльцы и возможные причины пониженной завязываемости семян у гибридов, полученных при использовании ЦМС-линий – 15 минут

Бехтольд Нина Павловна, СибНИИРС – филиал ИЦиГ СО РАН, Новосибирск – Создание селекционного материала ячменя, устойчивого к пыльной головне, с использованием методов биотехнологии – 15 минут

Тырышкин Лев Геннадьевич, ВИР, Санкт-Петербург – Генетическое разнообразие зерновых культур по эффективной устойчивости к грибным листовым болезням – 15 минут

Яцевич Констанция Константиновна, ИГЦ НАНБ, Минск – Полиморфизм ортологов гена *Atroviolacea (Atv)* у овощных культур семейства Solanaceae – 15 минут

Рамазанова Светлана Алексеевна, ФНЦ ВНИИМК, Краснодар – Применение ДНК-маркеров для исследования генотипов рыжика посевного – 15 минут

Модоров Макар Васильевич, УрФАНИЦ, Екатеринбург – Генетическая идентификация черной смородины (*Ribes nigrum* L.) с использованием микросателлитных маркеров – 15 минут

Корнюхин Дмитрий Львович, ВИР, Санкт-Петербург – Генетическое разнообразие репы, *Brassica rapa* L. subsp. *rapa* Metzg. по биохимическим признакам качества корнеплодов – 15 минут

Лебедев Дмитрий Валерьевич, Сахалинский филиал БСИ ДВО РАН, Южно-Сахалинск – Отбор из природных популяций о. Сахалин лиан винограда Куанье (*Vitis coignetiae* Pulliat ex Planch 1883 г.) с ценными помологическими признаками – 15 минут

Мероприятие № 5. Прикладная биохимия и физиология культурных растений – посвящается 130-летию со дня рождения Н.Н. Иванова (Конференц-зал, ул. Большая Морская, **42**)

10.00 – 11.00 Модераторы: Шеленга Т.В., Крылова Е.А.

Хлесткина Елена Константиновна, ВИР, Санкт-Петербург – Роль Николая Николаевича Иванова в развитии прикладной биохимии растений – 15 минут

Вишнякова Маргарита Афанасьевна, ВИР, Санкт-Петербург – Дифференциация генофонда гуара по отношению к засухе – 15 минут

Шеленга Татьяна Васильевна, ВИР, Санкт-Петербург – Метаболомное маркирование устойчивости зерновых культур (*Aegilops tauschii*, *Triticum aestivum*) из Коллекции ВИР к биотическим и абиотическим стрессам среды – 15 минут

Цветкова Наталья Владимировна, СПбГУ, Санкт-Петербург – Оценка антиокислительной способности российских сортов ржи – 15 минут

11.00 – 11.30 ПЕРЕРЫВ НА КОФЕ

11.30 – 13.00 Модераторы: Шеленга Т.В., Крылова Е.А.

Шулико Наталья Николаевна, Омский Аграрный научный центр, Омск – Анализ структурного разнообразия грибной компоненты микробиома с применением метагеномного метода – 10 минут

Бурляева Марина Олеговна, ВИР, Санкт-Петербург – Применение методов тандемной масс-спектрометрии, лазерной микроскопии и многомерного анализа фенотипических признаков для дифференциации сортов вигны по овощному и зерновому направлениям использования – 10 минут

Разгонова Майя Петровна, Дальневосточная опытная станция – филиал ВИР, Владивосток – Новые классы полифенолов, выявленные методом тандемной масс-спектрометрии в ягодниках *Ribes* и *Rosa*, из Магаданской и Камчатской экспедиций – 10 минут

Попов Виталий Сергеевич, ВИР, Санкт-Петербург – Применение БИК-спектрометрии для определения основных биохимических показателей качества у зернобобовых и масличных культур – 10 минут

Фоменко Полина Анатольевна, Вологодский научный центр, Вологда – Влияние типа гибрида кукурузы на питательную ценность силоса – 10 минут

Курина Анастасия Борисовна, ВИР, Санкт-Петербург – Биологически активные вещества пряно-ароматических и лекарственных растений коллекции ВИР – 10 минут

Крылова Екатерина Александровна, ВИР, Санкт-Петербург – Роль жасмонатов в поддержании стабильности типа роста вигны в условиях повышенной влажности воздуха – 10 минут

Киселева Алина Андреевна, Омский Аграрный научный центр, Омск – Анализ родового состава эукариотного сообщества на основе метагеномного анализа – 10 минут

Шевченко Ольга Вячеславовна, Дальневосточный НИИСХ, Хабаровск – Лабораторная оценка эффективности фунгицидов против семенной инфекции гороха – 10 минут

13.00 – 14.30 ПЕРЕРЫВ НА ОБЕД

14.30 – 16.30 Модераторы: Бурляева М.О., Соколова Д.В.

Казыдуб Нина Григорьевна, ОмГАУ, Омск – Обоснование параметров модели сорта фасоли обыкновенной для использования в южной лесостепи Западной Сибири – 15 минут

Шитикова Александра Васильевна, РГАУ-МСХА, Москва – Периоды развития и динамические параметры формирования урожая люпина белого (*Lupinus albus* L.) у сортов с детерминантным типом роста – 15 минут

Баймуратов Аскар Жалгасбаевич, Казахский НИИ земледелия и растениеводства, Алматинская область – Основные результаты сотрудничества КазНИИЗиР и ВИР по селекции зернофуражных культур – 15 минут

Соколова Диана Викторовна, ВИР, Санкт-Петербург – Скрининг зерновых форм амаранта из коллекции ВИР на скороспелость в условиях Северо-Западного региона Российской Федерации – 15 минут

Максимов Роман Александрович, Красноуфимский селекционный центр УрФАНИЦ, Красноуфимск – Адаптивная реакция сортообразцов ярового ячменя Коллекции ВИР (Санкт-Петербург) в условиях Среднего Урала – 15 минут

Кукоева Татьяна Владимировна, ИЦиГ СО РАН, Новосибирск – Селекционная схема получения пивоваренных линий ячменя на сибирских сортах (*Hordeum vulgare* L.) – 15 минут

Хасанова Гульмира Жумагалиевна, КАТИУ, Астана – Селекция зернобобовых культур в Северном Казахстане – 10 минут

Григорьев Сергей Владимирович, ВИР, Санкт-Петербург – Биологическая фортификация волокна прядильных культур – 15 минут

16.30 – 17.00 ПЕРЕРЫВ НА КОФЕ

17.00 – 19.00 КРУГЛЫЕ СТОЛЫ В ПОМПЕЙСКОМ ЗАЛЕ

Мероприятие № 8. Сохранение и развитие кадрового потенциала в сфере изучения и использования генетических ресурсов растений – посвящается памяти Л.В. Хотылевой

(Помпейский зал, ул. Большая Морская, **44**)

17.00 – 18.00 Модераторы: Заварзин А.А., Леншин А.А.

Спикеры: Лемеш Валентина Александровна (ИГЦ НАНБ, Минск), Салина Елена Артемовна (ИЦиГ СО РАН), Мамий Дауд Казбекович (АГУ, Майкоп), Ухатова Юлия Васильевна (ВИР, Санкт-Петербург), Рязанцев Никита Валерьевич (Вавиловский университет, Саратов), Акимов Михаил Юрьевич (ФНЦ Мичуринский, Мичуринск), Хлесткина Елена Константиновна (ВИР, Санкт-Петербург) и записавшиеся к участию в дискуссии

Мероприятие № 6. Биоразнообразие растений: правовые нормативные, этические, социальные и экономические аспекты (Помпейский зал, ул. Большая Морская, **44**)

18.00 – 19.00 Модераторы: Мамий Д.К., Чернышева О.А.

Спикеры: Гельтман Дмитрий Викторович (БИН РАН, Санкт-Петербург), Хлесткина Елена Константиновна (ВИР, Санкт-Петербург), Берг Людмила Николаевна (УрГЮУ, Екатеринбург), Гринь Олег Сергеевич (МГЮА), Мазилев Евгений Александрович (Вологодский научный центр, Вологда), Заварзин Алексей Алексеевич (ВИР, Санкт-Петербург) и записавшиеся к участию в дискуссии

Программа на 6 ноября

Мероприятие № 2. Расширение генетического разнообразия: фундаментальные и прикладные аспекты – посвящается 125-летию со дня рождения Г.Д. Карпеченко

(6 ноября, Полтецкий зал, ул. Большая Морская, 44)

9.00 – 11.00 Подсекция 2.1. «От Г. Д. Карпеченко до наших дней – исследования по расширению генетического разнообразия селекционного генофонда, сохраняемого в коллекции ВИР»

Модераторы: Гавриленко Т.А., Кочиева Е.З.

Вишнякова Маргарита Афанасьевна, ВИР, Санкт-Петербург – Роль Г.Д. Карпеченко в организации работ по отдаленной гибридизации, полиплоидии и экспериментальному мутагенезу в ВИР – 20 минут

Митрофанова Ольга Павловна, ВИР, Санкт-Петербург – Род \times *Triticum* Tzvel. и другие пшенично-пырейные гибридные формы, включенные в коллекцию ВИР – 20 минут

Пендинен Галина Ивановна, ВИР, Санкт-Петербург – Интрогрессивная гибридизация культурного ячменя *Hordeum vulgare* L. с ячменем луковичным *H. bulbosum* L.: возможности и ограничения – 20 минут

Гавриленко Татьяна Андреевна, ВИР, Санкт-Петербург – Интрогрессия в геном *Solanum tuberosum* L. генетического материала диких диплоидных мексиканских видов из третичного генопула картофеля – 20 минут

Еремин Виктор Геннадьевич, ВИР, Крымская ОСС – филиал ВИР, Крымск – Отдаленная гибридизация косточковых культур на Крымской опытно-селекционной станции – 20 минут

Анисимова Ирина Николаевна, ВИР, Санкт-Петербург – Теоретические и прикладные аспекты отдаленной гибридизации у подсолнечника (*Helianthus* L.) – 20 минут

11.00 – 11.30 ПЕРЕРЫВ НА КОФЕ

11.30 – 12.00 Подсекция 2.1. Продолжение

Зотеева Надежда Мубаровна, ВИР, Санкт-Петербург – Использование в гибридизации источников ценных признаков, выявленных среди видового разнообразия картофеля – 15 минут

Поротников Игорь Вадимович, ВИР, Санкт-Петербург – Молекулярные маркеры в оценке образцов коллекции гексаплоидной пшеницы ВИР по скрещиваемости с рожью – 15 минут

12.00 – 13.00 Подсекция 2.2. Современные подходы к расширению генетического разнообразия культурных растений

Модераторы: Гавриленко Т.А., Кочиева Е.З.

Гончаров Николай Петрович, ИЦиГ СО РАН, Новосибирск – Отдаленная гибридизация как альтернатива ГМО: устойчивость, скороспелость, адаптивность – 20 минут

Кочиева Елена Зауровна, ФИЦ Биотехнологии РАН, Москва – Использование CRISPR-CAS9 для редактирования растений семейства пасленовые: достижения и проблемы – 20 минут

Шоева Олеся Юрьевна, ИЦиГ СО РАН, Новосибирск – Изучение функций генов, контролирующих синтез полифенольных соединений в зерне ячменя (*Hordeum vulgare* L.), с помощью направленного мутагенеза – 20 минут

13.00 – 14.30 ПЕРЕРЫВ НА ОБЕД

14.30 – 16.30 Подсекция 2.3. «Научное наследие Г.Д. Карпеченко в развитии современной селекции»

Модераторы: Вишнякова М.А., Шоева О.Ю.

Шимко Виктория Евгеньевна, ИГЦ НАН Беларуси, Минск – Зиготическая полиплоидизация закисью азота как эффективный метод создания генофонда тетраплоидной ржи (*Secale cereale* L.) – 15 минут

Ермишин Александр Петрович, ИГЦ НАН Беларуси, Минск – Маркер-опосредованная интрогрессия гена *Rpi-sto1* устойчивости к фитофторозу от *Solanum stoloniferum* Schltdl et Bouchet в селекционный материал – 15 минут

Фесенко Иван Николаевич, ФНЦ ЗБК, Орел – Формирование современных видов гречихи началось с утраты предковой формой системы несовместимости гаметофитного типа – 15 минут

Щуклина Ольга Александровна, ГБС, Москва – Основные этапы создания новой культуры × *Triticotrigia*, достижения и возможности ее применения в сельском хозяйстве – 15 минут

Пышная Ольга Николаевна, ФНЦО, Москва – Итоги и перспективы развития селекции пасленовых культур – 15 минут

Чашинский Анатолий Владимирович, РУП «НПЦ НАНБ по картофелеводству и плодоовощеводству», Самохваловичи – Выделение источников хозяйственно ценных признаков среди межвидовых гибридов картофеля селекции отдела клубнеплодов ВИР и рациональное их использование в условиях республики Беларусь – 15 минут

Русецкий Николай Владимирович, РУП «НПЦ НАНБ по картофелеводству и плодоовощеводству», Самохваловичи – Использование генетических источников устойчивости к S- и M-вирусам при создании исходного материала картофеля – 15 минут

Бондарева Людмила Леонидовна, ФНЦО, Москва – Селекция капусты разных разновидностей в Федеральном научном центре овощеводства – 15 минут

Мероприятие № 3. Поколение F3 – сессия, часть 2 (Конференц-зал, ул. Большая Морская, **42**)

Программа мероприятия №3 доступна в электронном виде на сайте конференции
<https://www.vir.nw.ru/blog/2024/03/19/konferentsiya-vir-130-geneticheskie-resursy-rastenij-5-9-noyabrya-2024-goda-sankt-peterburg/>

Мероприятие № 10. Хлебные злаки (и круглый стол «Хлеба России»)

(Розовый зал, ул. Большая Морская, **44**)

09.00 – 11.00 Модераторы: Зуев Е.В., Воронов С.И.

Воронов Сергей Иванович, ФИЦ «Немчиновка», Москва – Ретроспективный и перспективный взгляд на коллекцию мягкой пшеницы «Арсенал» – *15 минут*

Давыдова Наталья Владимировна ФИЦ «Немчиновка», Москва – Исходный материал для селекции яровой пшеницы в ФИЦ «Немчиновка» – *15 минут*

Ляцева Светлана Витальевна, ФАНЦ Юго-Востока, Саратов – Изучение генофонда мировой коллекции озимой мягкой пшеницы с целью выявления источников устойчивости к бурой ржавчине – *15 минут*

Киселева Ирина Сергеевна, УрФУ, Екатеринбург – Внутривидовая изменчивость параметров фотосинтетических тканей флагового листа *Triticum dicoccum* (Schrank) Schuebl. – *15 минут*

Бражников Петр Николаевич, СибНИИСХиТ – филиал СФНЦА, Томск – Исходный материал для селекции озимой ржи в условиях севера Томской области – *15 минут*

Дорохов Борис Алексеевич, Воронежский ФАНЦ, Воронеж - Селекционные аспекты перезимовки озимой пшеницы в условиях изменения климата на юго-востоке ЦЧЗ – *15 минут*

Владимирова Елена Семеновна, ЯНИИСХ – филиал ЯНЦ СО РАН, Якутск – Адаптивные свойства урожайности сортов мягкой яровой пшеницы из мировой коллекции ВИР в условиях Центральной Якутии – *10 минут*

Чуманова Евгения Владимировна, ИЦиГ СО РАН, Новосибирск – получение и изучение новых форм пшеницы с фиолетовой и черной окраской зерна – *10 минут*

Соловьева Мария Викторовна, ВИР, Санкт-Петербург – Изменчивость реологических свойств теста у образцов яровой мягкой пшеницы в зависимости от географической точки возделывания – *10 минут*

11.00 – 11.30 ПЕРЕРЫВ НА КОФЕ

11.30 – 13.00 Круглый стол «Хлеба России» (Розовый зал, ул. Большая Морская, **44**)

Модераторы: Хлесткина Е.К., Заварзин А.А.

Спикеры: Николаев Петр Николаевич (Омский АНЦ, Омск), Воденеев Владимир Анатольевич (ННГУ, Нижний Новгород), Куркиев Киштили Уллубиевич (Дагестанская ОС – филиал ВИР, Вавилово), Швачко Наталия Альбертовна (ВИР, Санкт-Петербург), Самсонова Мария Георгиевна (СПбПУ, Санкт-Петербург), Страцев Вениамин Александрович (ВИР, Санкт-Петербург), Воронов Сергей Иванович (ФИЦ «Немчиновка», Москва), Гапонов Сергей Николаевич (ФАНЦ), Титаренко Алексей Васильевич (ЗАО «Агрофирма Павловская Нива») и записавшиеся к участию в дискуссии

13.00 – 14.30 ПЕРЕРЫВ НА ОБЕД

Мероприятие № 7. Круглый стол «Сорные и инвазивные растения» – посвящается

145-летию со дня рождения А.И. Мальцева (Розовый зал, ул. Большая Морская, **44**)

14.30 – 16.30 Модераторы: Шипилина А.Ю., Ладан С.С.

Спикеры: Лоскутов Игорь Градиславович (ВИР, Санкт-Петербург), Ладан Сергей Семенович (ВНИИ Агротехники, Москва), Заушинцева Александра Васильевна (КемНИИСХ – филиал СФНЦА, Кемерово), Нужная Наталия Александровна (Воронежский ФАНЦ, Воронеж), Багмет Лариса Владимировна (ВИР, Санкт-Петербург), Бажанова Ольга Вячеславовна (ВИР, Санкт-Петербург), Таловина Галина Владимировна (Санкт-Петербург, ВИР), Кожин Михаил Николаевич (ПАБСИ – филиал КНЦ РАН, Кировск), Варганова Ирина Викторовна (Санкт-Петербург, ВИР) и записавшиеся к участию в дискуссии

16.30 – 17.00 ПЕРЕРЫВ НА КОФЕ

17.00 – 18.00 Вечерние лекции (Помпейский зал, ул. Большая Морская, **44**)

Асатурова Анжела Михайловна, ФНЦБЗР, Краснодар – Биологическая защита растений и органическое земледелие: аргументы и факты – 30 минут

Воденеев Владимир Анатольевич, ННГУ, Нижний Новгород – Фенотипирование на основе регистрации электрической активности растений: потенциал подхода в получении устойчивых к стрессорам сортов – 30 минут

Программа на 7 ноября

Мероприятие № 3. Поколение F3 – сессия, часть 2 (*Конференц-зал, ул. Большая Морская, 42*)

Программа мероприятия №3 доступна в электронном виде на сайте конференции
<https://www.vir.nw.ru/blog/2024/03/19/konferentsiya-vir-130-geneticheskie-resursy-rastenij-5-9-noyabrya-2024-goda-sankt-peterburg/>

Мероприятие № 9. Изучение генетических ресурсов растений: историко-культурные аспекты (*Конференц-зал, ул. Большая Морская, 42*)

16.00 – 17.00 Модераторы: Котелкина И.В., Чернышева О.А.

Спикеры: Искаков Аюп Рашитович (Казахский НИИ земледелия и растениеводства, Алматинская область), Авруцкая Татьяна Борисовна (ИОГен РАН, Москва), Котелкина Ирина Викторовна (ВИР, Санкт-Петербург), Камнев Антон Михайлович (ВИР, Санкт-Петербург), Рязанцев Никита Валерьевич (Вавиловский университет, Саратов) и записавшиеся к участию в дискуссии

09.00 – 15.30 Открытые заседания Национального союза селекционеров и семеноводов – совместное мероприятие НССиС и ВИР

(*Помпейский зал с трансляцией в Розовый зал, ул. Большая Морская, 44*)

09.00 – 10.00 Регистрация вновь прибывших (на заседание НССиС)

10.00 – 12.00 Открытое заседание НССиС

12.00 – 13.00 ПЕРЕРЫВ НА КОФЕ

13.00 – 15.30 Круглый стол НССиС «Селекция и семеноводство: обмен опытом, проблемы развития».

16.00 – 18.00 экскурсии по ВИР

(параллельные группы на часовую экскурсию; необходимо записаться при регистрации; о номере своей группы и месте начала экскурсии каждой группы узнавать на стойке регистрации с 9.00 до 10.00, 7 ноября)

Программа на 8 ноября

(Президентская библиотека, Сенатская площадь, 3)

Торжественная часть и лекторий «Генетические ресурсы растений: научное и культурно-историческое наследие» из цикла «Знания о России»

Президентская библиотека совместно с ВИР организует расширенный лекторий «Генетические ресурсы растений: научное и культурно-историческое наследие» из цикла «Знания о России». Лекторий состоится 8 ноября 2024 года – в год 300-летия Российской академии наук и в день 130-летия Бюро по прикладной ботанике при Ученом комитете Министерства земледелия и государственных имуществ Российской империи. Бюро – правопродшественник ВИР. Именно с него началось научное-технологическое создание и обеспечение продовольственного щита нашей страны – знаменитой Вавиловской коллекции генетических ресурсов культурных растений. Она имеет не только научное значение и выполняет важнейшую функцию в сфере продовольственной безопасности. С историей ее создания и сохранения связаны события, отражающие влияние нашей страны на глобальную экономику и политику, и формирующие культурно-историческое наследие нашей Родины. Знаменательно, что лекторий проходит в год 80-летия снятия блокады Ленинграда и в преддверии 80-летия Великой Победы, связанных с судьбой каждого сотрудника ВИР.

09.00 – 10.00 Регистрация

10.30 – 11.00 Открытие. Приветствия

11.00 – 13.00 Часть I лектория. «ВИР в жизни общества». Научно-популярный лекторий о роли генетических ресурсов растений в жизни общества – геополитической, экономической, историко-культурной, просветительской – через призму истории и деятельности ВИР

13.00 – 14.00 ПЕРЕРЫВ

14.00 – 16.00 Часть II лектория. «Академический лекторий».

Беспалова Л.А., академик РАН, Герой Труда России, Национальный центр зерна имени П.П. Лукьяненко, руководитель отдела «Генетические ресурсы растений в селекции пшеницы» – 30 минут

Тихонович И.А., академик РАН, лауреат премия Правительства Российской Федерации в области науки и техники, декан биологического факультета СПбГУ, научный руководитель Всероссийского НИИ сельскохозяйственной микробиологии – «Системный контроль взаимодействия микробов и растений» – 30 минут

Афанасенко О.С., академик РАН, Всероссийский институт защиты растений, главный научный сотрудник – «Идентифицированный генофонд устойчивости зерновых культур и картофеля к болезням» – 30 минут

Кочетов А.В., академик РАН, директор Федерального исследовательского центра Института цитологии и генетики СО РАН, Президент Вавиловского общества генетиков и селекционеров – «Растения и новые генетические технологии» – 30 минут

16.00 – 17.00 Завершение мероприятий

Список стендовых докладов доступен в электронном виде на сайте конференции
<https://www.vir.nw.ru/blog/2024/03/19/konferentsiya-vir-130-geneticheskie-resursy-rastenij-5-9-noyabrya-2024-goda-sankt-peterburg/>

Сессия проходит в течение трех дней: **5 ноября** – часть 1; **6 ноября** – часть 2; **7 ноября** – часть 3

Размещение стендов на 2-м этаже в здании по адресу: ул. Большая Морская, **44**

Полный текст программы, включая модежную секцию: http://www.vir.nw.ru/wp-content/uploads/2024/03/programma_130_final-1.pdf

научное текстовое электронное издание

**ВИР – 130:
ГЕНЕТИЧЕСКИЕ РЕСУРСЫ РАСТЕНИЙ**

**к 130-летию со дня учреждения
Бюро по прикладной ботанике
при Ученом комитете Министерства земледелия
и государственных имуществ Российской империи**

Материалы конференции

г. Санкт-Петербург, 05–09 ноября 2024 г.

Под общей редакцией
д-ра биол. наук, проф. РАН Елены Константиновны Хлесткиной

Печатается в авторской редакции

Подписано к использованию 28.12.2024 Объем издания 18,2 МБ Комплектация издания – 1 pdf файл

Научный редактор *Е.А. Соколова*
Переводчик *А.Г. Крылов*
Корректор *Ю.С. Чепель-Малая*
Технический редактор: *И.В. Котелкина*

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 978-5-907780-13-2



9 785907 780132 >

