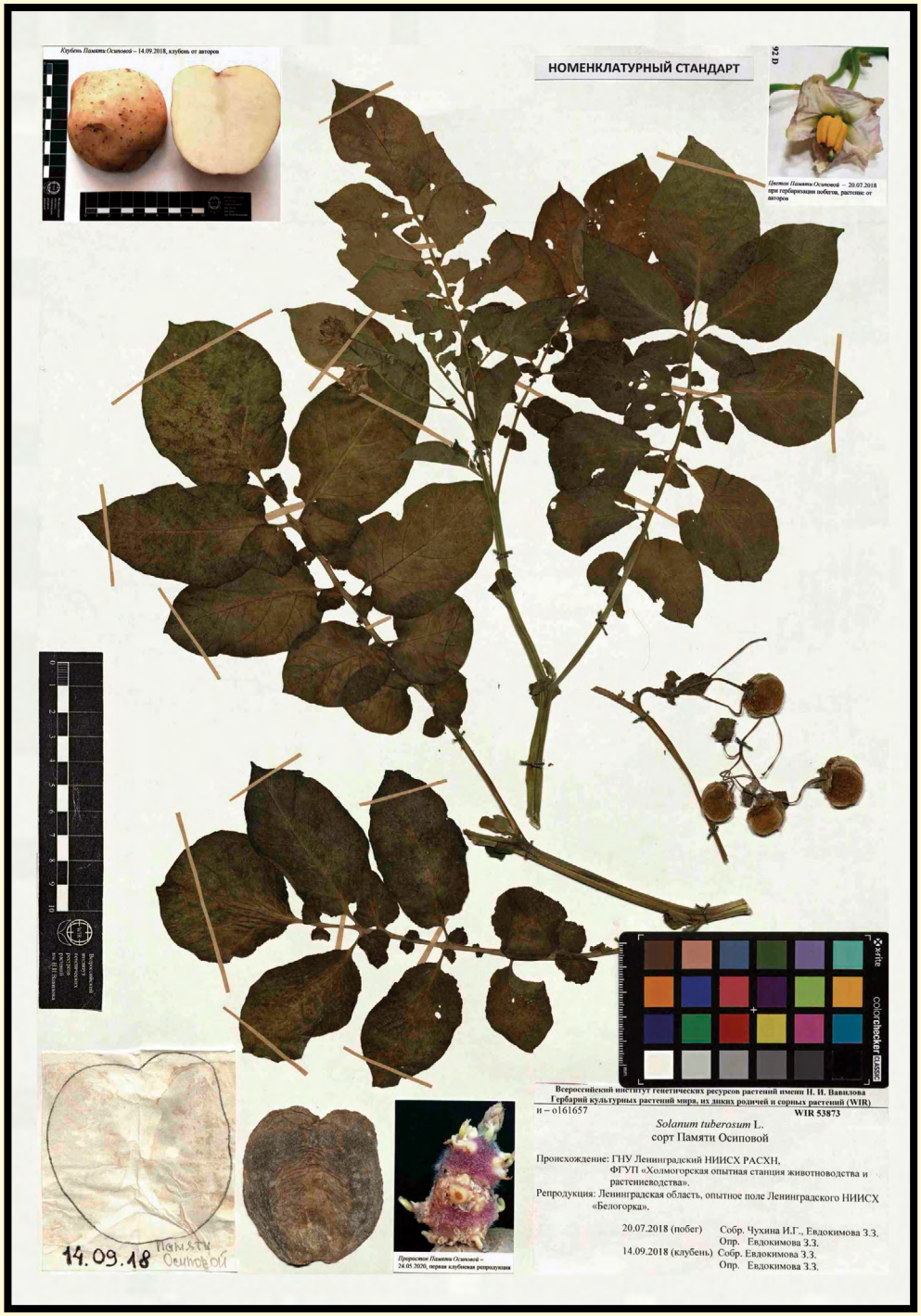
ISSN: 2658-6266 (Print)
ISSN: 2658-6258 (Online)

БИОТЕХНОЛОГИЯ И СЕЛЕКЦИЯ РАСТЕНИЙ

3(3), 2020



МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
ФЕДЕРАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ЦЕНТР
ВСЕРОССИЙСКИЙ ИНСТИТУТ ГЕНЕТИЧЕСКИХ РЕСУРСОВ РАСТЕНИЙ ИМЕНИ Н.И. ВАВИЛОВА (ВИР)

THE 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)

НАУЧНЫЙ РЕЦЕНЗИРУЕМЫЙ ЖУРНАЛ

БИОТЕХНОЛОГИЯ И СЕЛЕКЦИЯ РАСТЕНИЙ

2020, 3(3)

ОСНОВАН В 2018 ГОДУ
ПЕРИОДИЧНОСТЬ 4 РАЗА В ГОД

Для биотехнологов, селекционеров, генетиков, преподавателей вузов биологического и сельскохозяйственного профиля.

e-mail: pbi@vir.nw.ru

190000 Россия, г. Санкт-Петербург, ул. Б. Морская, 42, 44

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

DOI: 10.30901/2658-6266-2020-3
УДК: 573.6:631.527

ПИ № ФС 77–74475
ISSN: 2658-6266 (Print)
ISSN: 2658-6258 (Online)

SCIENTIFIC PEER REVIEWED JOURNAL

PLANT BIOTECHNOLOGY AND BREEDING

2020, 3(3)

FOUNDED IN 2018
PUBLISHED 4 TIMES ANNUALLY

Addressed to biotechnologists, geneticists, plant breeders and lecturers of biological and agricultural universities and colleges.

e-mail: pbi@vir.nw.ru

42, 44 Bolshaya Morskaya Street, St. Petersburg 190000, Russia

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

На обложке:
Номенклатурный стандарт (WIR-53873) сорта картофеля ‘Памяти Осиповой’

Главный редактор:
Е. К. Хлесткина – д.б.н., профессор РАН.

Заместитель главного редактора:
Т. А. Гавриленко – д.б.н.

Ответственные секретари:
И. Н. Анисимова – д.б.н.
Л. Ю. Новикова – д.с.-х.н.

Редакционный совет:
А. И. Абугалиева – д.б.н. (Казахстан)
О. С. Афанасенко – д.б.н., академик РАН (Россия)
Г. А. Баталова – д.с.-х.н., академик РАН (Россия)
Р. К. Берсимбаев – д.б.н., академик НАН РК (Казахстан)
Л. А. Беспалова – д.с.-х.н., академик РАН (Россия)
А. И. Грабовец – д.с.-х.н., чл.-корр. РАН (Россия)
С. И. Гриб – д.с.-х.н., академик НАНБ (Беларусь)
Е. А. Егоров – д.э.н., академик РАН (Россия)
В. Г. Еремин – д.с.-х.н., профессор РАН (Россия)
Г. В. Еремин – д.с.-х.н., академик РАН (Россия)
Г. И. Карлов – д.б.н., чл.-корр. РАН (Россия)
А. В. Кильчевский – д.б.н., академик НАНБ (Беларусь)
З. А. Козловская – д.с.-х.н. (Беларусь)
Н. А. Колчанов – д.б.н., академик РАН (Россия)
В. Н. Корзун – д-р (Германия)
А. В. Кочетов – д.б.н., чл.-корр. РАН (Россия)
Н. В. Кухарчик – д.с.-х.н. (Беларусь)
В. М. Лукомец – д.с.-х.н., академик РАН (Россия)
Л. А. Лутова – д.б.н. (Россия)
С. Мишева – д-р (Болгария)
А. И. Моргунов – д-р (Турция)
В. Ройчев – д.с.-х.н. (Болгария)
А. А. Романенко – д.с.-х.н., академик РАН (Россия)
А. В. Рындин – д.с.-х.н., академик РАН (Россия)
Е. Н. Седов – д.с.-х.н., академик РАН (Россия)
И. А. Тихонович – д.б.н., академик РАН (Россия)
П. Н. Харченко – д.б.н., академик РАН (Россия)
Л. В. Хотылева – д.б.н., академик НАНБ (Беларусь)
В. К. Шумный – д.б.н., академик РАН (Россия)

Редакционная коллегия:
Е. Е. Андронов – к.б.н. (Россия)
Д. А. Афонников – к.б.н. (Россия)
А. Х. Баймиев – д.б.н. (Россия)
И. А. Белан – к.с.-х.н. (Россия)
А. Г. Беседин – к.с.-х.н. (Россия)
М. А. Вишнякова – д.б.н. (Россия)
В. А. Гаврилова – д.б.н. (Россия)
С. В. Гаркуша – д.с.-х.н. (Россия)
Т. А. Гасанова – к.с.-х.н. (Россия)
С. В. Герасимова – к.б.н. (Россия)
М. С. Гинс – д.б.н., чл.-корр. РАН (Россия)
С. В. Гончаров – д.б.н. (Россия)
Р. О. Давоян – д.б.н. (Россия)
Я. Н. Демурин – д.б.н. (Россия)
М. Г. Дивашук – к.б.н. (Россия)
С. Н. Еланский – д.б.н. (Россия)
О. В. Еремина – д.с.-х.н. (Россия)
А. П. Ермишин – д.б.н. (Беларусь)
М. В. Ефимова – к.б.н. (Россия)
Р. Ш. Заремук – д.с.-х.н. (Россия)
С. В. Зеленцов – д.с.-х.н., чл.-корр. РАН (Россия)
Е. Т. Ильницкая – к.б.н. (Россия)
Р. Н. Календарь – к.б.н. (Казахстан)
Н. Н. Карпун – к.б.н. (Россия)
В. С. Ковалев – д.с.-х.н. (Россия)
Н. Н. Коваленко – д.б.н. (Россия)
Е. З. Кочиева – д.б.н. (Россия)
Б. Р. Кулуев – д.б.н. (Россия)
К. У. Куркиев – д.б.н. (Россия)
С. В. Кушнаренко – к.б.н. (Казахстан)
И. Н. Леонова – д.б.н. (Россия)
И. Е. Лихенко – д.с.-х.н. (Россия)
В. В. Лиховской – д.с.-х.н. (Россия)
П. Н. Мальчиков – д.с.-х.н. (Россия)
Т. В. Матвеева – д.б.н. (Россия)
Н. В. Мироненко – д.б.н. (Россия)
И. В. Митрофанова – д.б.н. (Россия)
Е. И. Михайлова – д.б.н. (Россия)
С. В. Осипова – д.б.н. (Россия)
В. Н. Подорожный – к.с.-х.н. (Россия)
Т. Г. Причко – д.с.-х.н. (Россия)
Т. А. Рожмина – д.б.н. (Россия)
А. В. Смыков – д.с.-х.н. (Россия)
А. А. Соловьев – д.б.н., профессор РАН (Россия)
И. И. Супрун – к.б.н. (Россия)
Е. К. Туруспеков – к.б.н. (Казахстан)
Е. В. Ульяновская – д.с.-х.н. (Россия)
О. Ю. Урбанович – д.б.н. (Беларусь)
Ю. В. Фотев – к.с.-х.н. (Россия)
Э. Б. Хатефов – д.б.н. (Россия)
Я. А. Цепилов – к.б.н. (Россия)
М. Н. Шаптуренко – д.б.н. (Беларусь)
О. Ю. Шоева – к.б.н. (Россия)
Л. А. Эльконин – д.б.н (Россия)
Г. В. Якуба – к.б.н. (Россия)

Editor-in-Chief:
E. K. Khlestkina – Dr. Sci. in Biol., Professor.

Deputy Editor-in-Chief:
T. A. Gavrilenko – Dr. Sci. in Biol.

Executive Secretaries:
I. N. Anisimova – Dr. Sci. in Biol.
L. Yu. Novikova – Dr. Sci. in Agricul.

Editorial council:
A. I. Abugalieva – Dr. Sci. in Biol. (Kazakhstan)
O. S. Afanasenko – Dr. Sci. in Biol., Full Member of the RAS (Russia)
G. A. Batalova – Dr. Sci. in Agricul., Full Member of the RAS (Russia)
R. K. Bersimbaev – Dr. Sci. in Biol., Full Member of the NAS RK (Kazakhstan)
L. A. Bespalova – Dr. Sci. in Agricul., Full Member of the RAS (Russia)
E. A. Egorov – Dr. Sci. in Econ., Full Member of the RAS (Russia)
G. V. Eremin – Dr. Sci. in Agricul., Full Member of the RAS (Russia)
V. G. Eremin – Dr. Sci. in Agricul., Professor (Russia)
A. I. Grabovets – Dr. Sci. in Agricul., Corr. Member of the RAS (Russia)
S. I. Grib – Dr. Sci. in Agricul., Full Member of the NAS of Belarus (Belarus)
G. I. Karlov – Dr. Sci. in Biol., Corr. Member of the RAS (Russia)
P. N. Kharchenko – Dr. Sci. in Biol., Full Member of the RAS (Russia)
L. V. Khotyleva – Dr. Sci. in Biol., Full Member of the NAS of Belarus (Belarus)
A. V. Kilchevsky – Dr. Sci. in Biol., Corr. Member of the NAS of Belarus (Belarus)
A. V. Kochetov – Dr. Sci. in Biol., Corr. Member of the RAS (Russia)
N. A. Kolchanov – Dr. Sci. in Biol., Full Member of the RAS (Russia)
V. N. Korzun – Dr. (Germany)
Z. A. Kozlovskaya – Dr. Sci. in Agricul. (Belarus)
N. V. Kukharchik – Dr. Sci. in Agricul. (Belarus)
V. M. Lukomets – Dr. Sci. in Agricul., Full Member of the RAS (Russia)
L. A. Lutova – Dr. Sci. in Biol. (Russia)
S. Misheva – Dr. (Bulgaria)
A. I. Morgunov – Dr. (Turkey)
A. A. Romanenko – Dr. Sci. in Agricul., Full Member of the RAS (Russia)
A. V. Ryndin – Dr. Sci. in Agricul., Full Member of the RAS (Russia)
V. Roychev – Dr. Sci. in Agricul. (Bulgaria)
E. N. Sedov – Dr. Sci. in Agricul., Full Member of the RAS (Russia)
V. K. Shumny – Dr. Sci. in Biol., Full Member of the RAS (Russia)
I. A. Tikhonovich – Dr. Sci. in Biol., Full Member of the RAS (Russia)

Editorial board:
D. A. Afonnikov – Cand. Sci. in Biol. (Russia)
E. E. Andronov – Cand. Sci. in Biol. (Russia)
A. H. Bajmiev – Dr. Sci. in Biol. (Russia)
I. A. Belan – Cand. Sci. in Agricul. (Russia)
A. G. Besedin – Cand. Sci. in Agricul. (Russia)
R. O. Davoyan – Dr. Sci. in Biol. (Russia)
Ya. N. Demurin – Dr. Sci. in Biol. (Russia)
M. G. Divashuk – Cand. Sci. in Biol. (Russia)
M. V. Efimova – Cand. Sci. in Biol. (Russia)
S. N. Elansky – Dr. Sci. in Biol. (Russia)
L. A. Elkonin – Dr. Sci. in Biol. (Russia)
O. V. Eremina – Dr. Sci. in Agricul. (Russia)
A. P. Ermishin – Dr. Sci. in Biol. (Belarus)
Yu. V. Fotev – Cand. Sci. in Agricul. (Russia)
S. V. Garkusha – Dr. Sci. in Agricul. (Russia)
T. A. Gasanova – Cand. Sci. in Agricul. (Russia)
V. A. Gavrilova – Dr. Sci. in Biol. (Russia)
S. V. Gerasimova – Cand. Sci. in Biol. (Russia)
M. S. Gins – Dr. Sci. in Biol., Corr. Member of the RAS (Russia)
S. V. Goncharov – Dr. Sci. in Biol. (Russia)
E. T. Ilnitskaya – Cand. Sci. in Biol. (Russia)
R. N. Kalendar – Cand. Sci. in Biol. (Kazakhstan)
N. N. Karpun – Cand. Sci. in Biol. (Russia)
E. B. Khatefov – Dr. Sci. in Biol. (Russia)
E. Z. Kochieva – Dr. Sci. in Biol. (Russia)
N. N. Kovalenko – Dr. Sci. in Biol. (Russia)
V. S. Kovalev – Dr. Sci. in Agricul. (Russia)
B. R. Kuluev – Dr. Sci. in Biol. (Russia)
K. U. Kurkiev – Dr. Sci. in Biol. (Russia)
S. V. Kushnarenko – Cand. Sci. in Biol. (Kazakhstan)
I. N. Leonova – Dr. Sci. in Biol. (Russia)
I. E. Lihenko – Dr. Sci. in Agricul. (Russia)
V. V. Likhovskoi – Dr. Sci. in Agricul. (Russia)
P. N. Malchikov – Dr. Sci. in Agricul. (Russia)
T. V. Matveeva – Dr. Sci. in Biol. (Russia)
N. V. Mironenko – Dr. Sci. in Biol. (Russia)
I. V. Mitrofanova – Dr. Sci. in Biol. (Russia)
E. I. Mikhailova - Dr. Sci. in Biol. (Russia)
S. V. Osipova – Dr. Sci. in Biol. (Russia)
V. N. Podorozhniy – Cand. Sci. in Agricul. (Russia)
T. G. Prichko – Dr. Sci. in Agricul. (Russia)
T. A. Rozhmina – Dr. Sci. in Biol. (Russia)
M. N. Shapturenko – Dr. Sci. Biology (Belarus)
O. Yu. Shoeva – Cand. Sci. in Biol. (Russia)
A. V. Smykov – Dr. Sci. in Agricul. (Russia)
A. A. Soloviev – Dr. Sci. in Biol., Professor (Russia)
I. I. Suprun – Cand. Sci. in Biol. (Russia)
Ya. A. Tsepilov – Cand. Sci. in Biol. (Russia)
E. K. Turuspekov – Cand. Sci. in Biol.
E. V. Ulyanovskaya – Dr. Sci. in Agricul. (Russia)
O. Yu. Urbanovich – Dr. Sci. in Biol. (Belarus)
M. A. Vishnyakova – Dr. Sci. in Biol. (Russia)
G. V. Yakuba – Cand. Sci. in Biol. (Russia)
R. Sh. Zaremuk – Dr. Sci. in Agricul. (Russia)
S. V. Zelentsov – Dr. Sci. in Agricul., Full Member of the RAS (Russia)

СОДЕРЖАНИЕ

ОТ РЕДАКЦИИ 4

Хлесткина Е. К., Гавриленко Т. А.

ВСТУПИТЕЛЬНАЯ СТАТЬЯ

МЕТОДИЧЕСКИЕ СТАТЬИ (МЕТОДОЛОГИЯ, МЕТОДЫ, ПРОТОКОЛЫ) 6

Гавриленко Т. А., Чухина И. Г.

НОМЕНКЛАТУРНЫЕ СТАНДАРТЫ СОВРЕМЕННЫХ РОССИЙСКИХ СОРТОВ КАРТОФЕЛЯ, ХРАНЯЩИЕСЯ В ГЕРБАРИИ ВИР (WIR): НОВЫЕ ПОДХОДЫ К РЕГИСТРАЦИИ СОРТОВОГО ГЕНОФОНДА В ГЕНБАНКАХ

Клименко Н. С., Гавриленко Т. А., Чухина И. Г., Гаджиев Н. М., Евдокимова З. З., Лебедева В. А. 18

НОМЕНКЛАТУРНЫЕ СТАНДАРТЫ И ГЕНЕТИЧЕСКИЕ ПАСПОРТА СОРТОВ КАРТОФЕЛЯ, ВЫВЕДЕННЫЕ СЕЛЕКЦИОНЕРАМИ ЛЕНИНГРАДСКОГО НИИСХ «БЕЛОГОРКА»

Фомина Н. А., Антонова О. Ю., Чухина И. Г., Гимаева Е. А., Сташевски З., Гавриленко Т. А. 55

НОМЕНКЛАТУРНЫЕ СТАНДАРТЫ И ГЕНЕТИЧЕСКИЕ ПАСПОРТА СОРТОВ КАРТОФЕЛЯ СЕЛЕКЦИИ ТАТАРСКОГО НИИСХ «КАЗАНСКИЙ НАУЧНЫЙ ЦЕНТР РАН»

ОРИГИНАЛЬНЫЕ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ СТАТЬИ 68

Ефремова О. С., Волкова Н. Н., Гавриленко Т. А.

ДЛИТЕЛЬНОЕ СОХРАНЕНИЕ СОВРЕМЕННЫХ РОССИЙСКИХ СОРТОВ КАРТОФЕЛЯ В КРИОБАНКЕ ВИР

CONTENTS

FROM THE EDITORIAL BOARD 4

Khlestkina E. K., Gavrilenko T. A.

INTRODUCTORY ARTICLE

METHODOLOGICAL ARTICLES (METHODOLOGY, METHODS, PROTOCOLS) 6

Gavrilenko T. A., Chukhina I. G.

NOMENCLATURAL STANDARDS OF MODERN RUSSIAN POTATO CULTIVARS PRESERVED AT THE VIR HERBARIUM (WIR) - A NEW APPROACH TO CULTIVAR GENEPOOL REGISTRATION IN A GENEBANK

Klimenko N. S., Gavrilenko T. A., Chukhina I. G., Gadzhiev N. M., Evdokimova Z. Z., Lebedeva V. A. 18

NOMENCLATURAL STANDARDS AND GENETIC PASSPORTS OF POTATO CULTIVARS BRED AT THE LENINGRAD RESEARCH INSTITUTE FOR AGRICULTURE “BELOGORKA”

Fomina N. A., Antonova O. Yu., Chukhina I. G., Gimaeva E. A., Stashevski Z., Gavrilenko T. A. 55

NOMENCLATURAL STANDARDS AND GENETIC PASSPORTS OF POTATO CULTIVARS BRED BY THE TATAR RESEARCH INSTITUTE OF AGRICULTURE «KAZAN SCIENTIFIC CENTER OF THE RUSSIAN ACADEMY OF SCIENCES»

ORIGINAL EXPERIMENTAL ARTICLES 68

Efremova O. S., Volkova N. N., Gavrilenko T. A.

LONG-TERM PRESERVATION OF MODERN RUSSIAN POTATO CULTIVARS IN THE VIR CRYOBANK

Уважаемые читатели!

Основой продовольственной и экологической безопасности является качество работ и надлежащий контроль на каждом этапе научно-производственной цепочки «генетические ресурсы растений – селекция – семеноводство/питомниководство – товарное производство – переработка сельскохозяйственной продукции». Динамичное развитие рынка семеноводства и производства товарной продукции, появление новых технологий в селекции – всё это требует адекватного ответа в области контроля качества и идентичности селекционных достижений и семенного/посадочного материала. Особые коррективы в процесс контроля вносит появление «бесшовных» технологий изменения генома, включая генетическое редактирование. В этой связи наряду с дорогостоящими методами выявления нарушений (таких как незадекларированные изменения в геноме регистрируемых сортов и гибридов и др.), актуальность приобретают методы предупреждения нарушений. В их числе важнейшим является фиксация защищенного носителя подлинности генетической информации селекционного достижения, допущенного к использованию. Такой стандартный образец (эталон) – носитель информации о генотипе важен как для проверки подлинности селекционного достижения, в том числе для защиты авторских прав, контроля семенных партий и т.д., так и для выявления незадекларированных изменений в геноме.

Особую сложность представляет фиксация физических носителей подлинности генетической информации сортов и гибридов вегетативно размножаемых культур. Поэтому в первую очередь именно для них актуальным является использование номенклатурных стандартов. Оформление номенклатурных стандартов проводится по строго заданной процедуре в виде гербарного образца в соответствии с положениями Международного кодекса номенклатуры культурных растений (МКНКР), следование которым помогает избегать ошибок в документировании растительного материала. Однако не только для вегетативно размножаемых культур, но и для тех, что размножаются семенами, номенклатурный стандарт является более подходящим для документирования физическим носителем подлинности генетической информации. Номенклатурный стандарт не просто содержит геномную ДНК сорта/гибрида, которую при необходимости можно выделить и проанализировать, он в отличие от семян (как носителя генетической информации для документирования) отражает более широкий набор стабильно наследуемых морфологических характеристик, прочно связанных с генотипом, его невозможно подделать, а его уникальное изображение не сложно заверить.

Новые методические подходы в области контроля всегда базируются на инновационных подходах, разрабатываемых на первом этапе научно-производственной цепочки «генетические ресурсы растений – селекция – семеноводство/питомниководство – товарное производство – переработка сельскохозяйственной продукции», а именно при совершенствовании методов управления коллекциями генетических ресурсов растений и их изучения.

В текущем и следующем номерах журнала «Биотехнология и селекция растений» мы представляем вашему вниманию серию статей, посвященных развитию методологических подходов к созданию номенклатурных стандартов отечественных сортов для такой вегетативно размножаемой культуры, как картофель. Данное направление развивается в ВИРе в сотрудничестве с селекционерами из различных регионов нашей страны.

Работа по созданию номенклатурных стандартов сортов картофеля была инициирована в 2018 году в рамках КПНИ «Развитие селекции и семеноводства картофеля в Российской Федерации». Далее в одноименную подпрограмму Федеральной научно-технической программы развития сельского хозяйства на 2017-2025 годы это направление не вошло, но получило продолжение в рамках темы НИР «Коллекции ВИР вегетативно размножаемых культур и их диких родичей - изучение и рациональное использование» (номер государственной регистрации - АААА-А19-119013090158-8).

Открывает текущий номер журнала методическая статья сотрудников ВИР - Т.А. Гавриленко и И.Г. Чухиной (DOI: 10.30901/2658-6266-2020-3-o2), посвященная развитию новой стратегии регистрации генофонда отечественных сортов в коллекции генетических ресурсов растений ВИР. Авторы анализируют положения МКНКР, приводят протокол для проведения работ по сбору растительного материала и передаче его в научный гербарий для оформ-

ления номенклатурных стандартов и рассматривают перспективу развития этого направления в комплексе с современными методами молекулярно-генетической паспортизации и биотехнологии. В статье обобщены первые результаты реализации новой стратегии на примере создания номенклатурных стандартов 66 российских сортов картофеля.

В серии методических статей в текущем и следующем выпусках журнала представлены номенклатурные стандарты отечественных сортов картофеля в комплексе с их генетическими паспортами. Эти сорта выведены в различных селекционных центрах: (1) в Ленинградском НИИСХ «Белогорка» (статья Н.С. Клименко с соавт., DOI: 10.30901/2658-6266-2020-3-o3); (2) Татарском НИИСХ – филиале Казанского научного центра РАН (статья Н.А. Фоминой с соавт.(а), DOI: 10.30901/2658-6266-2020-3-o4); (3) во ВНИИКХ имени А.Г. Лорха (статья Д.А. Рыбакова с соавт., DOI: 10.30901/2658-6266-2020-4-o2) и (4) в ряде сибирских институтов, включая сорта, созданные сибирскими селекционерами в соавторстве с ВНИИКХ (статья Н.А. Фоминой с соавт.(б), DOI: 10.30901/2658-6266-2020-4-o3). Кроме того, в серию методических статей входит работа О.Ю. Антоновой с соавт. (DOI: 10.30901/2658-6266-2020-4-o1), содержащая модифицированные протоколы SSR-анализа, которые использовались для разработки генетических паспортов сортов картофеля. Также в серию статей входит работа О.С. Ефремовой с соавт. (DOI: 10.30901/2658-6266-2020-3-o1), посвященная длительному сохранению в криобанке ВИР сортов отечественной селекции, для которых разработаны номенклатурные стандарты и созданы генетические паспорта. Полученные результаты позволили пополнить криоколлекцию сортов картофеля, сохраняемую в криобанке ВИР.

Представленные работы – продолжение традиций ВИРа, который в свое время разработал первые в мире (и используемые на международном уровне по сей день) методы сортового контроля (Идентификация сортов…, под ред. В.Г. Конарева, 2000, Санкт-Петербург; методические указания, разработанные ВИР, рекомендованы к использованию в семеноводстве и сортовом контроле международной ассоциацией ISTA, International Seed Testing Association).

Идентифицированный материал, прошедший проверку подлинности, востребован для выполнения дорогостоящих работ в рамках прорывных геномных исследований. В частности, образцы картофеля, оформленные по новым правилам, уже востребованы в рамках выполнения работ Центров мирового уровня. Так, в 2020 году ВИР предоставил идентифицированные образцы по запросу Курчатовского геномного центра для полногеномного секвенирования отечественных сортов картофеля (заявитель – ИЦиГ СО РАН, член консорциума данного ЦМУ).

Вместе с тем, подходы и протоколы, представленные в текущем и последующем номерах журнала «Биотехнология и селекция растений», имеют практическую значимость для всей научно-производственной цепочки, описанной выше, так как могут быть взяты за основу при актуализации методических подходов контроля за качеством и идентичностью селекционных достижений, допущенных к использованию на территории Российской Федерации. Развитие и масштабирование предложенного ВИР комплексного подхода по контролю подлинности генетического материала, базирующегося на создании номенклатурных стандартов и генетических паспортов, являются основой для создания новой современной системы сортового контроля широкого спектра культур. Более того, фиксация номенклатурного стандарта как защищенного носителя подлинности генетической информации селекционного достижения – это гибкий подход, применимый к тем культурам, для которых методы молекулярно-генетической паспортизации еще находятся на стадии разработки и/или усовершенствования. Кроме того, номенклатурный стандарт, оформленный по правилам Международного кодекса номенклатуры культурных растений и зафиксированный в международно признанном научном гербарии, каким является гербарий ВИР (WIR), - это существенная степень защиты отечественного селекционного достижения при его продвижении на зарубежные рынки.

Главный редактор, д.б.н., профессор РАН Хлесткина Е.К.,
Заместитель главного редактора, д.б.н. Гавриленко Т.А.

НОМЕНКЛАТУРНЫЕ СТАНДАРТЫ СОВРЕМЕННЫХ РОССИЙСКИХ СОРТОВ КАРТОФЕЛЯ, ХРАНЯЩИЕСЯ В ГЕРБАРИИ ВИР (WIR): НОВЫЕ ПОДХОДЫ К РЕГИСТРАЦИИ СОРТОВОГО ГЕНОФОНДА В ГЕНБАНКАХ

Гавриленко Т.А.*, Чухина И.Г.

Федеральный исследовательский центр Всероссийский институт генетических ресурсов растений имени Н.И. Вавилова (ВИР), 190000 Россия, г. Санкт-Петербург, ул. Б. Морская, 42, 44;
*✉ tatjana9972@yandex.ru

В ВИР создается коллекция номенклатурных стандартов сортов различных культур в соответствии с положениями Международного кодекса номенклатуры культурных растений (МКНКР). Оформление номенклатурных стандартов проводится в виде гербарного образца в сотрудничестве с авторами сортов, которые на опытном поле своей организации отбирают растительный материал с выбранного ими растения каждого сорта и передают его в научный гербарий вместе с сопроводительными документами. После регистрации гербарного образца в научном гербарии проводится обнародование номенклатурных стандартов. В статье обсуждается новая стратегия регистрации в генбанке ВИР отечественных сортов, поступивших от их авторов, которая включает: оформление номенклатурных стандартов; разработку генетического паспорта сорта с использованием ДНК-образцов, выделенных из растения, переданного в научный гербарий; применение биотехнологических методов для сохранения в живом виде эксплантов (почки, меристемы), выделенных из полученного растительного материала. Предложенный комплексный подход позволяет документировать сорта не только с помощью номенклатурных стандартов, но и с использованием молекулярно-генетических методов, а также сохранять в *in vitro* и в крио коллекциях генотипированные образцы, переданные в гербарий. Данный подход может быть применен к любым вегетативно размножаемым культурам. В статье обобщены первые результаты реализации предложенной нами стратегии на примере современных отечественных сортов картофеля. Сбор, передача и подготовка растительного материала для оформления номенклатурных стандартов сортов картофеля имеют свою специфику; в данной статье приведен разработанный нами протокол для проведения этих работ. Осуществление этой стратегии в 2018-2020 годах привело к созданию 66 номенклатурных стандартов российских сортов картофеля и разработке их генетических паспортов, которые представлены в серии статей выпусков №3 и №4, том 3 журнала «Биотехнология и Селекция Растений», развивающих методические подходы к регистрации в коллекции ВИР современных отечественных сортов. Препараты ДНК, полученные из растительного материала, переданного авторами сортов для создания номенклатурных стандартов, будут использоваться и в дальнейшем для получения информации о генетическом потенциале сорта на основе расширения списка ДНК маркеров и применения новых генетических технологий.

Ключевые слова: *Solanum tuberosum*, гербарные образцы, номенклатурные стандарты, ДНК маркеры, генотипирование, генетический паспорт, коллекция *in vitro*, криоконсервация.

Прозрачность финансовой деятельности/Financial transparency
Авторы не имеют финансовой заинтересованности в представленных материалах или методах. / The authors have no financial interest in the presented materials or methods.
Авторы благодарят рецензентов за их вклад в экспертную оценку этой работы/The authors thank the reviewers for their contribution to the peer review of this work
Дополнительная информация/Additional information
Полные данные этой статьи доступны / Extended data is available for this paper at https://doi.org/10.30901/2658-6266-2020-3-o2
Мнение журнала нейтрально к изложенным материалам, авторам и их месту работы / The journal's opinion is neutral to the presented materials, the author, and his or her employer
Все авторы одобрили рукопись/All authors approved the manuscript
Конфликт интересов отсутствует/No conflict of interest

NOMENCLATURAL STANDARDS OF MODERN RUSSIAN POTATO CULTIVARS PRESERVED AT THE VIR HERBARIUM (WIR): A NEW APPROACH TO CULTIVAR GENEPOOL REGISTRATION IN A GENEBANK

Gavrilenko T.A.*, Chukhina I.G.

N.I. Vavilov All-Russian Institute of Plant Genetic Resources (VIR), 42, 44 Bolshaya Morskaya Street, St. Petersburg 190000, Russia;
*✉ tatjana9972@yandex.ru

VIR is creating a collection of nomenclature standards for cultivars of different crops in line with the provisions of the International Code of Nomenclature for Cultivated Plants (ICNCP). The nomenclatural standards are designed in the form of a herbarium sample in cooperation with the authors of cultivars, who select plant material for each cultivar in the experimental field of their organization and forward it to the scientific herbarium together with the accompanying documents. Registering of herbarium specimen in the scientific herbarium is followed by the publication of nomenclatural standards. The article presents a new VIR genebank strategy for registering plant material of domestic cultivars received from breeders, which includes the design of nomenclatural standards; the development of a genetic passport of a cultivar using DNA samples from the plant delivered to the scientific herbarium; and application of biotechnological methods for keeping explants (isolated from the acquired plant material as buds or meristems) alive. The proposed integrated approach makes it possible to document cultivars not only with the help of nomenclatural standards, but also with the use of molecular-genetic methods, as well as to save genotyped specimens, transferred to herbarium, in *in vitro* and in cryo collections. This approach is applicable to any vegetatively propagated crop. The article summarizes the first results of our proposed strategy using modern domestic potato cultivars as an example. Collection, transfer and preparation of plant material for nomenclatural standards of potato varieties are specific; this article explains our protocol for this work. The implementation of this strategy in 2018-2020 led to the designation of nomenclatural standards for 66 Russian potato varieties and elaboration of their genetic passports, which are presented in a series of articles included into issues Nos.3 and 4, Volume 3, of the journal "Plant Biotechnology and Breeding", containing an overview of methodological approaches to registration of modern domestic cultivars in the VIR collection. DNA samples obtained from the plant material provided by the cultivar authors for nomenclatural standard designation will continue to be used as a source of information on the genetic potential of a cultivar through the expansion of the list of DNA markers and the application of new genetic technologies.

Key words: *Solanum tuberosum*, herbarium specimens, nomenclatural standards, DNA markers, genotyping, genetic passport, germplasm *in vitro* collections, cryogenic conservation.

Для цитирования: Гавриленко Т.А., Чухина И.Г. Номенклатурные стандарты современных российских сортов картофеля, хранящиеся в гербарии ВИР (WIR): новые подходы к регистрации сортового генофонда в генбанках. *Биотехнология и селекция растений*. 2020;3(3):6-17. DOI: 10.30901/2658-6266-2020-3-o2

For citation: Gavrilenko T.A., Chukhina I.G. Nomenclatural standards of modern Russian potato cultivars preserved at the VIR herbarium (WIR): A new approach to cultivar genepool registration in a genebank. *Plant Biotechnology and Breeding*. 2020;3(3):6-17. (In Russ.). DOI: 10.30901/2658-6266-2020-3-o2

Gavrilenko T.A. https://orcid.org/0000-0002-2605-6569
Chukhina I.G. https://orcid.org/0000-0003-3587-6064

УДК 635.21:631.523+631.526.32
Поступила в редакцию: 25.09.2020
Принята к публикации: 01.12.2020

Введение

Наименование культурных растений (номенклатура) осуществляется по правилам, закрепленным в двух международных документах: Международном кодексе ботанической номенклатуры (МБК), с 2011 г. – Международный кодекс номенклатуры грибов, водорослей и растений (International Code of Nomenclature for algae, fungi, and plants – ICN Shenzhen Code) (Turland et al., 2018) и в Международном кодексе номенклатуры культурных растений (МКНКР) (International Code of Nomenclature for Cultivated Plants – ICNCP) (Brickell et al., 2016). В основе наименования любого культурного растения лежит название вида или внутривидового таксона (от подвида до формы), номенклатура которых подчиняется принципам Международного кодекса ботанической номенклатуры (Turland et al., 2018). При названии сортов (cultivar) требуется следовать правилам и рекомендациям Международного кодекса номенклатуры культурных растений (МКНКР) (Brickell et al., 2016), который призван содействовать единообразию, точности и стабильности в наименовании сельскохозяйственных, лесохозяйственных и садово-декоративных растений (Brickell et al., 2016). Положения МКНКР формировались в течение почти 70 лет с момента выхода первого издания в 1953 году. Правила МКНКР нацелены на приведение в порядок ранее используемой номенклатуры и обеспечение точности современных названий. Несоблюдение правил номенклатуры культурных растений приводит к ошибкам в документировании растительного материала, например, ошибочному или повторному использованию названий сортов.

МКНКР объединяет принципы, правила и рекомендации по названию сортов и групп сортов. Согласно МКНКР полное наименование сорта пишется после латинского названия таксона (рода и вида) к которому принадлежит сорт, начинается с заглавной буквы и заключается в одинарные кавычки (Article 8: Names and Epithets 8.1) (Brickell et al., 2016). Например, *Solanum tuberosum* ‘Bintje’, *Solanum tuberosum* ‘Early Rose’. Каждый сорт обладает уникальным наименованием, которое не переводится с одного языка на другой, а в случае необходимости, например, для регистрации сортов в странах с разными алфавитами, используется транслитерация их названий. МКНКР рекомендует два международных стандарта, определяющих систему транслитерации национальных алфавитов посредством латиницы – ALA-LC или ISO (Recommendation 33A, Brickell et al., 2016). При этом в рамках одного документа, или одной публикации должен использоваться только один из этих стандартов. В рекомендации 33A даны примеры транслитерации русских названий сортов латинскими буквами с применением обоих стандартов – ALA-LC и ISO 9: 1995 (с использованием диакритики, система A). В Российской Федерации для транслитерации кириллических букв средствами латинского алфавита принят межгосударственный стандарт ISO 9-95 (ГОСТ 7.79-2000). Учитывая рекомендацию 33A МКНКР и ГОСТ 7.79-2000, в серии статей выпусков №3 и №4, том 3 журнала «Биотехнология и Селекция Растений», публикующих номенклатурные стандарты российских сортов картофеля, использован международный стандарт ISO 9: 1995 (система A) для транслитерации наименований латинским алфавитом.

В МКНКР закреплено положение о том, что для стабилизации применения названий сортов и групп сортов важны создание, сохранение и публикация номенклатурных стандартов, позволяющих закрепить наименование сорта и засвидетельствовать его внешний вид. МКНКР содержит разделы, касающиеся регистрации и требований к номенклатурным стандартам. Предпочтительно, чтобы номенклатурный стандарт был представлен гербарным образцом. Так как для оформления гербарных образцов необходим профессиональный подход, то авторам сортов следует передавать растительный материал в коллекции признанных гербариев, где полученный материал оформляется в виде гербарного листа. Такой гербарный лист хранится в научном гербарии и в дальнейшем может использоваться для документации сорта как селекционного достижения. Приветствуется сопровождение такого гербарного образца фотографиями, отражающими признаки сорта, и любыми другими документами, дополняющими характеристики сорта, формирующими, таким образом, его портфолио (Brickell et al., 2016). Желательно, чтобы отбор растительного материала для создания номенклатурного стандарта проводился непосредственно селекционером автором сорта. Однако, в Кодексе отмечено, что в случае, если автор сорта не доступен или не желает отбирать материал для подготовки номенклатурного стандарта, то следует обратиться за консультацией к другим экспертам при отборе материала для такого стандарта (Brickell et al., 2016). Отдельно оговариваются требования по созданию номенклатурных стандартов сортов, зарегистрированных после 1 января 2004 года (Brickell et al., 2016). Они должны быть подготовлены с использованием растений, которые выращены из того же запаса семян или вегетативных диаспор, что и при регистрации сорта.

Номенклатурные стандарты, с которыми на постоянной основе соотносятся названия сортов, имеют большое значение для закрепления авторских прав создателей сорта, а также позволяют пользователям избежать неоднородности или засорения сортовых посадок, исключив из употребления материал, не соответствующий тому или иному сорту. Хранение номенклатурных стандартов сортов осуществляется в научных гербарных коллекциях. Обязательно в виде научной публикации проводится обнародование номенклатурных стандартов и гербарной коллекции, в которой они хранятся. При обнародовании номенклатурного стандарта дается наименование сорта на национальном языке, а также его транслитерация при помощи латинского алфавита.

Селекционеры и исследователи передают в гербарий

растительный материал не только сортов, зарегистрированных в соответствии с законодательными актами, регламентирующими права на селекционные достижения, но и растения образцов гибридных клонов, являющихся источниками и донорами ценных признаков, а также селекционных клонов, переданных в госсортоиспытание. Для них в гербарии оформляются ваучерные образцы. После окончания госсортоиспытаний и регистрации новых сортов, уже созданные ваучерные гербарные образцы могут быть выбраны в качестве номенклатурных стандартов.

Со временем по ряду причин (технических и биологических) многие живые коллекционные образцы утрачивают свою однородность, выпадают из *ex situ* коллекций и теряются для истории, но остаются в виде гербарных экземпляров (Smekalova et al., 2012). Так, в Гербарии ВИР хранятся образцы сортов, которые выращивались на территории России в начале XX века; в качестве примера из хранящихся сортов картофеля можно привести гербарный образец сорта 'Казанский', который репродуцировали в 1923 году на опытной станции ВИР «Красный Пахарь». Информация, хранящаяся в виде гербарного образа, не устаревает со временем и создает основу для проведения различных исследований, включая молекулярно-генетические. В последнее десятилетие методы ПЦР-анализа, секвенирования, в том числе и методы секвенирования нового поколения активно используются для изучения гербарных образцов, включая старые образцы, хранящиеся в исторических гербарных коллекциях (см. обзоры: Bieker, Martin, 2018; Inglis et al., 2018 и на русском языке – Фомина и др., 2019). Так, например, на основании результатов ПЦР анализа гербарных образцов картофеля, собранных в период с 1700 по 1910 гг., хранящихся в разных европейских гербариях, была изучена история интродукций картофеля из Южной Америки в Европу (Ames, Spooner, 2008). В нашей работе (Gavrilenko et al., 2017) данные анализа полиморфизма пластидных микросателлитов уникальных аутентичных образцов из Гербария ВИР, позволили оценить генетическое разнообразие аборигенных сортов картофеля, собранных С.В. Юзепчуком на территории Чили в первой трети XX века (Juzepczuk, Bukasov, 1929).

«Гербарий культурных растений мира, их диких родичей и сорных растений» (Гербарий ВИР, WIR) является специализированным гербарием мирового значения, с богатыми историческими фондами, включающими уникальные сборы из различных регионов Земного шара; коллекции номенклатурных типов и аутентичных гербарных образцов. Гербарий ВИР является основой для документации и изучения таксономического и географического разнообразия, для решения теоретических вопросов систематики и эволюции культурных растений и их диких родичей, в том числе в связи с проблемой сохранения генетических ресурсов растений.

В последние годы в Гербарии ВИР формируются коллекции номенклатурных стандартов сортов различных культур, в том числе и современных российских сортов картофеля. В настоящей статье обсуждается новая стратегия и новые подходы к регистрации в генбанке ВИР отечественных сортов, поступивших от их авторов; обобщены первые результаты реализации этой стратегии на примере создания номенклатурных стандартов российских сортов картофеля и их молекулярно-генетической паспортизации, которые представлены в серии статей этого и следующего выпусков журнала (Klimenko et al.; Fomina et al., a, см. в этом же выпуске; Antonova et al.; Rybakov et al.; Fomina et al., b; см. в следующем выпуске). В настоящей статье также приведен разработанный нами протокол сбора и подготовки растительного материала для оформления номенклатурных стандартов сортов картофеля.

Новые подходы к регистрации генофонда отечественных сортов в генбанке ВИР

В 2017 году нами была инициирована разработка новой стратегии, направленной на развитие подходов и методов регистрации в генбанке отечественных сортов вегетативно размножаемых культур, поступивших в ВИР от селекционеров – авторов сортов. Начиная с 2018 года, эта стратегия начала реализовываться в совместных исследованиях сотрудников двух отделов ВИР – отдела биотехнологии и отдела агроботаники и *in situ* сохранения генетических ресурсов растений вместе с селекционерами – авторами сортов. Помимо применения классических методов гербаризации для формирования коллекции номенклатурных стандартов в гербарии ВИР, эти исследования включают молекулярно-генетические методы, применяемые для разработки генетического паспорта сорта с использованием ДНК, выделенной из растительного материала, переданного в Гербарий ВИР автором для создания номенклатурного стандарта, и биотехнологические подходы для сохранения в живом виде растительного материала (почки, меристемы), который был использован для создания гербарного образца.

Предложенная стратегия позволяет документировать сорт не только с помощью номенклатурного стандарта, но и с применением молекулярно-генетических методов, а также сохранять генотипированный образец сорта в *in vitro* коллекции и долгосрочно хранить его в криобанке. Такой комплексный подход может быть применен к любым вегетативно размножаемым культурам.

Разработка генетических паспортов номенклатурных стандартов сортов картофеля. Использование молекулярно-генетических методов, основанных на анализе полиморфизма высоковариабельных участков генома, позволяет оценивать уровень внутривидового генетического разнообразия, проводить генотипирование сортов, выявлять дублетные коллекционные образцы и технические ошибки в поддержании морфологически схожих сортов, что в итоге повышает эффектив-

ность менеджмента при сохранении больших коллекций в генбанках (Hammer, 2003; Spooner et al., 2005). В селекции и семеноводстве такой важной культуры как картофель, применение методов генотипирования позволяет проводить идентификацию сортов, способствует защите авторских прав селекционера и может повысить надежность экспертиз на отличимость, однородность, стабильность (ООС или DUS – testing of Distinctness, Uniformity and Stability), например, при сертификации семенного картофеля (Côté et al., 2013). Как в работе с коллекционными образцами, так и в практических исследованиях по селекции и семеноводству очень важна проблема надежных контролей – 'эталонных' образцов для идентификации сорта и оценки его генетической однородности. В качестве такого контрольного образца может выступать номенклатурный стандарт, с которым после его обнародования постоянно соединено название сорта. В этом плане перспективно использование номенклатурных стандартов для проведения оценки подлинности и однородности одноименных образцов сортов из различных источников: из коллекций разных организаций, а также из компаний, занимающихся коммерческим выращиванием сортов.

Такую верификацию можно проводить не только сопоставляя морфологические признаки проверяемого образца сорта с признаками гербарного растения, выбранного в качестве номенклатурного стандарта сорта, но и применяя молекулярно-генетические методы. В рамках обсуждаемой стратегии, обязательным условием для разработки генетического паспорта сорта является использование ДНК, выделенной из растительного материала, который был передан в научный гербарий для создания номенклатурного стандарта автором сорта (или представителем организации, где был выведен сорт). Таким образом, ДНК-профиль номенклатурного стандарта сорта ассоциирован с генетическим паспортом этого сорта. Оценивая подлинность одноименных образцов, полученных из различных источников, исследователи могут сопоставлять их маркерные профили с данными генетического паспорта (например, с SSR-профилем номенклатурного стандарта).

Для генетической паспортизации сортов картофеля используются различные ДНК маркеры, например, AFLP (Vetelainen et al., 2005; Dyachenko et al., 2020), IRAP и REMAP (Sharma, Nandineni, 2014), однако наиболее широко для этой цели применяют ядерные SSR маркеры (Karaagac et al., 2014; Liao, Guo, 2014; Antonova et al., 2016; Salimi et al., 2016; Biniam et al 2016; Kolobova et al 2017; Tiwari et al., 2018; Bali et al., 2017; Wang et al., 2019), поскольку с их помощью детектируют большое число аллелей высокополиморфных микросателлитных локусов, они характеризуются кодоминантным наследованием, хорошо воспроизводятся, являются относительно доступными и малозатратными.

В ВИР SSR-анализ для генотипирования и изучения генетического разнообразия культурных видов и селекционных сортов картофеля используется на протяжении 10 лет (Gavrilenko et al., 2010; Shvachko, 2012; Antonova et al., 2016). В эти исследования были включены разные наборы монолокусных хромосомспецифичных SSR маркеров, подобранные по литературным источникам (Milbourne et al., 1998; Ghislain et al., 2004, 2009; Feingold et al., 2005). В настоящее время для разработки генетических паспортов сортов картофеля в ВИР применяют модифицированные протоколы выделения ДНК и проведения ПЦР-анализа, а число SSR маркеров в наборе снижено до восьми (см. Antonova et al., в следующем выпуске).

Информация об аллельном составе полиморфных хромосомоспецифичных микросателлитных локусов составляет основу генетических паспортов номенклатурных стандартов сортов картофеля, разрабатываемых в отделе биотехнологии ВИР. Эта информация дополняется данными о наличии/отсутствии диагностических фрагментов маркеров генов, детерминирующих устойчивость сортов к наиболее вредоносным патогенам, а также информацией о типах цитоплазм сортов, полученных с использованием маркеров из набора K. Hosaka, R. Sanetomo (2012), специфичных к разным локусам хл- и мтДНК. Совместное применение двух подходов, основанных на анализе полиморфных участков генома и молекулярном скрининге образцов с маркерами генов, вовлеченных в контроль селекционно-ценных признаков, повышает информативность разрабатываемых генетических паспортов. При этом важно подчеркнуть, что в генетический паспорт сорта включали только те данные, которые были генерированы на ДНК, выделенной из растительного материала, использованного для оформления номенклатурного стандарта. При наличии для данного сорта уже опубликованной информации об определенных маркерах, эту информацию размещали в генетическом паспорте сорта только после проверки путем амплификации фрагментов ДНК, соответствующих таким маркерам, с использованием ДНК номенклатурного стандарта.

Помимо результатов молекулярно-генетического анализа, в генетические паспорта сортов включена информация о названии сорта, его происхождении (учреждении, где он был создан), о годе внесения сорта в Госреестр и коде сорта в Госреестре, номере патента (если он оформлялся), об авторах сорта и методах выведения сорта. Эти сведения берутся из официальных документов, которые авторы сортов передают в Гербарий ВИР вместе с растительным материалом, а также из «Государственного реестра селекционных достижений, допущенных к использованию» (2020 г.) (State Register…, 2020) (далее – Госреестр).

В генетические паспорта также включены данные из Госреестра о фитопатологической устойчивости сортов к объекту внутреннего карантина – *Globodera rostochiensis* (Wollenweber) Behrens. (золотистая картофельная нематода, патотип Ro1). Сопоставление этих данных с информацией генетического паспорта о наличии/отсутствии маркеров генов нематодоустойчи-

вости имеет большое практическое значение, поскольку *G. rostochiensis* зарегистрирована в 61 субъекте РФ, а доля включенных в Госреестр нематодоустойчивых сортов составляет только 55,4% (State Register…, 2020). В то же время, данные об устойчивости сортов ко второму карантинному объекту, распространенному в РФ – *Synchytrium endobioticum* (Schilb.) Perc. (возбудителю рака картофеля), не были внесены в генетические паспорта, поскольку обязательным требованием для включения новых сортов картофеля в Госреестр является их устойчивость к *S. endobioticum* (первый патотип). В связи с этим, фактически все сорта (99,4%) Госреестра отличаются устойчивостью к *S. endobioticum*, исключение составляют четыре (0,6 %) восприимчивых старых сорта (Khiutti et al., 2020), которые не участвовали в наших исследованиях. Информация, размещенная в генетическом паспорте, важна для планирования селекционных программ, анализа родословных, изучения генетического разнообразия, оценки защищенности и уязвимости сортового генофонда. В дальнейшем информация, размещенная в генетическом паспорте сорта, будут расширяться с применением новых маркеров и новых ДНК технологий.

Биотехнологические подходы – возможности сохранения в *in vitro* и в крио коллекциях переданных в гербарий образцов. Применение биотехнологических подходов позволяет сохранять в живом виде в контролируемых условиях среды растительный материал (почки, меристемы), использованный для создания гербарных образцов номенклатурных стандартов сортов картофеля. Пазушные почки и меристемы, вычлененные непосредственно перед гербаризацией побегов, переданных авторами сортов для оформления номенклатурных стандартов, могут быть использованы в качестве эксплантов для введения материала в *in vitro* культуру. При этом следует заметить, что возможность реализации этого этапа определяется хорошим состоянием полученного растительного материала.

Основные преимущества *in vitro* коллекций вегетативно размножаемых культур, включая картофель, заключаются в их компактности, возможностях оздоровления микрорастений от патогенов, круглогодичного микроразмножения и поддержания сортов в контролируемых условиях, изолированно от биотических и абиотических стрессоров. На основе *in vitro* коллекций создаются крио коллекции для долгосрочного хранения сортов при сверхнизких температурах (FAO, 2014; Gavrilenko et al., 2007; Niino et al., 2015). При необходимости, сохраняемые в дублетных *in vitro* и крио коллекциях образцы, могут быть возвращены в полевой генбанк в виде *ex vitro* растений и в дальнейшем репродуцироваться в естественных условиях.

Поскольку с течением времени живые образцы сортов из любых *ex situ* коллекций (полевых, *in vitro,* крио) могут подвергаться генетической эрозии, необходимо их периодически верифицировать, используя в качестве контроля исходные препараты ДНК, полученные из растений, выбранных в качестве номенклатурных стандартов. При этом данные, включенные в генетические паспорта номенклатурных стандартов, могут расширяться и дополняться информацией о других маркерах. Информация генетического паспорта номенклатурного стандарта может быть использована при проведении сортоиспытаний для проверки сортов на ООС (DUS-testing).

Протокол сбора и передачи в Гербарий ВИР растительного материала, подготовка и оформление номенклатурных стандартов сортов картофеля

Согласно МКНКР (Brickell et al., 2016) создание номенклатурного стандарта сорта, как правило, включает следующие этапы: сбор автором сорта растительного материала и передачу его в научный гербарий; фотографирование внешнего вида частей растения, которое может проводиться как во время сбора, так и после поступления материала в гербарий; гербаризацию переданного растения; размещение полученных изображений на гербарном листе; оформление гербарной этикетки, содержащей информацию о происхождении растительного материала и дате его сбора, фамилии коллектора и специалиста идентифицировавшего сорт (обычно автор сорта); регистрационный номер гербарных листов. Обнародование номенклатурного стандарта сорта осуществляется в виде научной публикации.

Для сортов картофеля сбор растительного материала и его подготовка к оформлению номенклатурных стандартов имеет свои особенности. Разработанный нами протокол, включающий пять последовательных этапов, приведен ниже.

а) Сбор и передача в Гербарий ВИР побега растения, выбранного автором сорта, подготовка гербарного образца. Селекционер – автор сорта или представитель организации, где был выведен сорт, выбирает на опытном поле селекционного учреждения здоровое, не имеющее повреждений, не обработанное ядохимикатами растение, и отмечает его, например, навешивая пластиковую бирку. С этого растения селекционер отбирает побег, собранный, желательно, в фазе цветения; этикетирует его и передает в Гербарий ВИР с сопроводительными документами. Если передача осуществляется из удаленных регионов, заранее обговариваются сроки и способы транспортировки материала, поскольку картофель относится к травянистым быстро увядающим растениям. В первый день поступления растительного материала в гербарную коллекцию ВИР проводится фотографирование частей растения (соцветия, цветка, побега).

Перед гербаризацией отбирают небольшое количество ткани листьев для выделения ДНК. Впоследствии эта ДНК используется для разработки генетического паспорта сорта.

В зависимости от объема и состояния переданного материала, перед гербаризацией можно отобрать несколько почек из пазух листьев. Эти пазушные почки могут быть использованы для вычленения меристем и введения переданного в гербарий образца в культуру *in vitro.*

Сушку и монтирование гербарных образцов проводят в соответствии с методическими указаниями «Гербаризация культурных растений» (Belozor, 1989). Дополнительно к побегу на гербарных листах размещают и отдельные части высушенных цветков с расправленным венчиком или их фотографии.

б) Сбор и передача в Гербарий ВИР клубней растения, выбранного автором сорта, оформление номенклатурного стандарта. После наступления сроков увядания ботвы, у того же самого отмеченного биркой растения автор сорта собирает клубни (желательно не менее двух-трех), этикетирует их и передает в Гербарий ВИР вместе с сопроводительными документами. Гербаризация клубневого материала проводится в соответствии с методическими указаниям (Belozor, 1989). Один из переданных в гербарий клубней разрезают на две равные части и используют их для фотографирования окраски мякоти, кожуры, глазков. Впоследствии все фотографии частей клубня размещают на гербарном листе.

Одну из половинок клубня прикладывают к фильтровальной бумаге, обводят контур свежего среза и его отпечаток фиксируют на гербарном листе с указанием даты этой фиксации. После этого делают плоский срез клубня и фрагмента кожуры, которые после высушивания размещают на гербарном листе.

Еще несколько фрагментов кожуры, срезанных перед гербаризацией клубневого материала, используют для выделения ДНК. Оба независимо полученных образца ДНК (из листьев побега и из кожуры клубня одного и того же растения, выбранного селекционером), используются в молекулярно-генетических исследованиях по разработке генетического паспорта, документирующего сорт.

в) Документация признаков световых ростков клубня. Оставшиеся неразрезанными клубни каждого сорта оставляют на хранение на несколько месяцев, и после инициации световых ростков проводят описание и фотографирование их морфологических признаков (размер, форма, опушенность и интенсивность антоциановой окраски верхушки и основания световых ростков клубня, др.), которые важны для сортовой идентификации (RTG/0023/2, 2005). Впоследствии все фотографии размещают на гербарном листе.

В случаях, когда состояние поступившего растительного материала не позволяет определить какие-либо важные признаки сорта (например, были получены поврежденные клубни или переданы экземпляры побегов с цветками в плохом состоянии или побеги без соцветий), изучение растений продолжается и в следующем году. В этих случаях используются клубневые репродукции, полученные от исходных клубней, переданных автором сорта в гербарий.

г) Верификация морфологических признаков полученного растительного материала, сопоставление их с характеристиками сорта, указанными в официальных документах. Составление описания и фоторегистрация морфологических признаков соцветия, цветка, клубней и световых ростков являются важным моментом при подготовке к оформлению номенклатурных стандартов. Вместе с растительным материалом автор сорта передает в Гербарий ВИР ряд официальных документов, включая «Описание селекционного достижения», форму RTG/0023/2 «Оценка отличимости, однородности и стабильности», форму 378 «Анкета сорта», «Авторское свидетельство», Патент (если он был оформлен) и заверенные Акты о передаче растительного материала. Пример такого портфолио документов приведен в Приложении 1 к статье Н.А. Фоминой с соавторами (Fomina et al., а, см. в этом же выпуске). В первых трех из этих документов приведена информация о 42 признаках сорта, определенных по методике испытаний на отличимость, однородность и стабильность (ООС) «Госсорткомиссии» (RTG/0023/2…, 2005). Информация из перечисленных официальных документов позволяет при фоторегистрации полученных побегов с соцветиями и клубней выбрать наиболее характерные для данного сорта морфологические признаки, а также сопоставить описание сорта и визуально наблюдаемые признаки растительного материала, переданного в гербарную коллекцию. Такое сравнение помогает минимизировать технические ошибки, которые в отдельных случаях могут произойти при сборе, этикетировании или передаче в гербарий побегов и клубней, особенно, когда одновременно передается растительный материал большого числа сортов.

Кроме морфологических признаков сорта, указанных в «Описании селекционного достижения» и в формах 378 и RTG/0023/2, мы документировали несколько дополнительных признаков, например, форму венчика, которую определяли на расправленных высушенных цветках, согласно J. Hawkes (1990); тип окраски внутренней и внешней сторон венчика и положение сочленения на цветоножке, описание которых проводили согласно «Классификатору СЭВ» (Bukasov et al., 1977) и «Descriptors for the cultivated potato» (Huaman et al., 1977). Окраску венчика уточняли, используя цветовую шкалу «Colour Chart Edition V» Королевского садоводческого общества (The Royal Horticultural Society (RHS)), Великобритания.

Как отмечалось выше, цифровые изображения частей растений, переданных авторами сортов, создаются на каждом этапе – как при поступлении в гербарий побегов, а затем клубней, так и после – при появлении на хранящихся клубнях световых ростков, а также в процес-

се изучения растений следующих клубневых репродукций. Цифровые изображения частей растения с подписями к ним размещают на гербарном листе.

д) Этикетирование гербарных образцов и регистрация номенклатурных стандартов сортов картофеля в Гербарии ВИР. Первичные этикеточные данные накапливают в ходе сбора и передачи растительного материала и заносят в базу данных. Окончательную этикетку стандартной формы распечатывают и приклеивают в правом нижнем углу гербарного листа. На гербарной этикетке указывают название сорта, происхождение (название организации/ий, в которой/-ых был создан сорт); место репродукции (где было выращено гербаризируемое растение), дату сбора побегов и дату сбора клубней, Ф.И.О. коллектора/-ов и специалиста, определившего сорт (обычно автор сорта); интродукционный номер с префиксом «и-» (присваиваемый при поступлении живых образцов в генбанк), регистрационный номер образца в гербарной коллекции с префиксом «WIR-». После этого проводят сканирование гербарного образца с разрешением ~ 400 dpi; при сканировании на гербарный лист помещают стандартную цветовую шкалу X-rite Colour Chart.
Номенклатурные стандарты сортов картофеля регистрируют в электронной базе данных «Гербарий ВИР» и передают на постоянное хранение в типовой фонд.

Создание номенклатурных стандартов российских сортов картофеля – сотрудничество с селекционерами

В этом разделе обобщены первые результаты совместной работы сотрудников ВИР с селекционерами из Северо-Западного, Центрального, Приволжского и Сибирского регионов, направленной на создание коллекции номенклатурных стандартов российских сортов картофеля, их генетической паспортизации и последующей криоконсервации генотипированных образцов. Это сотрудничество началось в 2016 году в рамках проведения эколого-географических испытаний по Комплексному Плану Научных Исследований (далее КПНИ_ЭГИ) которые продолжались следующие четыре года. В гербарную коллекцию ВИР первый растительный материал российских сортов картофеля поступил в 2018 году для решения задач оформления номенклатурных стандартов и ваучеров и их генетической паспортизации в рамках подпрограммы «Развитие селекции и семеноводства картофеля в Российской Федерации».

Всего в гербарную коллекцию ВИР с целью оформления номенклатурных стандартов в 2018-2019 годах было передано более 130 образцов картофеля из ВНИИКХ, Ленинградского НИИСХ «Белогорка», ТатНИИСХ и ИЦиГ СО РАН; но только 84 из них поступили непосредственно от авторов сортов (или представителей институтов, где эти сорта создавались) вместе с сопроводительными документами. Во всех случаях оформление номенклатурных стандартов отечественных сортов картофеля выполнено в соответствии с положениями МКНКР и с учетом разработанного нами протокола.

Так, в 2018 году селекционеры – авторы сортов Н.М. Гаджиев, З.З. Евдокимова, В.А. Лебедева собрали на опытном поле Ленинградского НИИ сельского хозяйства «Белогорка» побеги с соцветиями, а позднее клубни от тех же самых растений, и передали их в Гербарий ВИР. В результате совместной работы был оформлен 21 номенклатурный стандарт (Klimenko et al., см. в этом выпуске) (таблица).

В результате совместной работы с авторами сортов Е.А Гимаевой и З. Сташевски оформлены 4 номенклатурных стандарта сортов, выведенных в Татарском НИИ сельского хозяйства – ОСП ФИЦ КазНЦ РАН (Fomina et al., a, см. в этом же выпуске) (таблица).

Селекционер А.Д. Сафонова на опытном поле Сибирского НИИ растениеводства и селекции отобрала и передала в Гербарий ВИР побеги сортов, выведенных в этом институте. Гербарные образцы четырех сортов оформлены как номенклатурные стандарты (Fomina et al., b, см. в следующем выпуске) (таблица).

Больше всего сортов поступило в гербарную коллекцию ВИР из ведущего исследовательского центра – ВНИИ картофельного хозяйства им. А.Г. Лорха (далее – ВНИИКХ), где выполняется наибольший объем работ по селекции картофеля в стране. Так, в 2018 и в 2019 годах в Гербарий ВИР из ВНИИКХ были переданы побеги и клубни 45 сортов, созданных в этом институте или в других организациях в соавторстве с селекционерами ВНИИКХ. На опытном поле ВНИИКХ растительный материал собирал сотрудник этого института селекционер А.А. Мелешин; в 2019 г. в передаче материала также принимали участие известные селекционеры Е.А. Симаков и Х.Х. Апшев. К настоящему времени оформлены 37 номенклатурных стандартов сортов картофеля созданных во ВНИИКХ, а также сортов, выведенных в сибирских селекцентрах в соавторстве с ВНИИКХ (таблица) (см. Rybakov et al.; Fomina et al., b, см. в следующем выпуске).

К настоящему времени оформлены, зарегистрированы и переданы на хранение в типовой фонд Гербария ВИР 66 номенклатурных стандартов российских сортов картофеля (таблица). Их обнародование проводится в двух выпусках журнала «Биотехнология и Селекция растений» – №3 и №4, том 3, 2020 (Klimenko et al., Fomina et al., a, см. в этом же выпуске; Rybakov et al.; Fomina et al., b, см. в следующем выпуске). Это первые публикации номенклатурных стандартов на русском языке.

Таблица. Происхождение растительного материала, переданного в Гербарий ВИР в 2018-2019 годах, и число оформленных номенклатурных стандартов сортов картофеля

Table. Origin of potato cultivars submitted to the VIR Herbarium in 2018-2019 and the number of prepared nomenclatural standards

Организации, где были выведены сорта (Institutions where cultivars were bred) *	**Число (N) и названия сортов, для которых были созданы номенклатурные стандарты / Number (N) and names of cultivars and their nomenclatural standards**
Сорта, выведенные селекционерами Ленинградского НИИСХ «Белогорка», включая сорта, созданные ими в соавторстве с селекционерами других организаций; (растительный материал получен из Ленинградского НИИСХ «Белогорка») **N = 21** (Klimenko et al., см. в этом выпуске)	
Ленинградский НИИСХ «Белогорка»	‘Даная’, ‘Евразия’, ‘Ломоносовский’, ‘Майский цветок’, ‘Невский’, ‘Русская красавица’, ‘Сиверский’, ‘Сударыня’
Ленинградский НИИСХ «Белогорка» и Холмогорская опытная станция животноводства и растениеводства	‘Памяти Осиповой’, ‘Холмогорский’
Ленинградский НИИСХ «Белогорка» и Институт общей генетики им. Н.И. Вавилова	‘Весна белая’, ‘Снегирь’, ‘Чародей’
Ленинградский НИИСХ «Белогорка», Институт общей генетики им. Н.И. Вавилова, ООО Селекционная фирма «ЛиГа»	‘Очарование’
Ленинградский НИИСХ «Белогорка» и ООО Селекционная фирма «ЛиГа»	‘Чароит’
ООО Селекционная фирма «ЛиГа» и Институт общей генетики им. Н.И. Вавилова	‘Вдохновение’, ‘Наяда’, ‘Сказка’
ООО Селекционная фирма «ЛиГа»	‘Гусар’, ‘Лига’, ‘Сиреневый туман’
Сорта, выведенные селекционерами ТатНИИСХ - ОСП ФИЦ КазНЦ, включая сорта, созданные ими в соавторстве с ВНИИКХ им. А.Г. Лорха (растительный материал получен из ТатНИИСХ - ОСП ФИЦ КазНЦ) **N = 4** (Fomina et al., a, см. в этом же выпуске)	
ТатНИИСХ - ОСП ФИЦ КазНЦ	‘Зумба’, ‘Регги’
ТатНИИСХ - ОСП ФИЦ КазНЦ и ВНИИКХ	‘Кортни’, ‘Самба’
Сорта, выведенные селекционерами СибНИИРС – филиал ИЦиГ СО РАН (растительный материал получен из СибНИИРС – филиал ИЦиГ СО РАН) **N = 4** (Fomina et al., b, см. в следующем выпуске)	
ИЦиГ СО РАН	‘Златка’
СибНИИРС – филиал ИЦиГ СО РАН	‘Лина’, ‘Сафо’, ‘Юна’
Сорта, выведенные селекционерами ВНИИКХ им. А.Г. Лорха, включая сорта, созданные ими в соавторстве с селекционерами других организаций; (растительный материал получен из ВНИИКХ) **N = 30** (Rybakov et al., см. в следующем выпуске)	
ВНИИКХ им. А.Г. Лорха	‘Барин’, ‘Варяг’, ‘Василек’, ‘Великан’, ‘Голубизна’, ‘Ильинский’, ‘Колобок’, ‘Красавчик’, ‘Крепыш’, ‘Метеор’, ‘Пламя’, ‘Третьяковка’, ‘Утро’, ‘Фиолетовый’
ВНИИКХ им. А.Г. Лорха и ООО «Агроцентр «Коренево»	‘Вымпел’, ‘Гранд’, ‘Гулливер’, ‘Дебют’, ‘Краса Мещеры’, ‘Фрителла’
ВНИИКХ, ЗАО «Акросия»	‘Купец’, ‘Призер’
ВНИИКХ им. А.Г. Лорха и ООО «Маккейн агрикультура (РУС)»	‘Фаворит’
ВНИИКХ им. А.Г. Лорха и ООО «Редкинская агропромышленная компания»	‘Северное сияние’
КБНИИСХ и ВНИИКХ им. А.Г. Лорха	‘Нальчикский’
Пензенский НИИСХ и ВНИИКХ	‘Бабушка’, ‘Матушка’, ‘Русский сувенир’
Федеральный научный центр лубяных культур и ВНИИКХ им. А.Г. Лорха	‘Арлекин’
СамНЦ РАН и ВНИИКХ им. А.Г. Лорха	‘Жигулевский’
Сорта, выведенные селекционерами сибирских институтов в соавторстве с ВНИИКХ им. А.Г. Лорха (растительный материал получен из ВНИИКХ) **N = 7** (Fomina et al., b, см. в следующем выпуске)	
СФНЦА РАН и ВНИИКХ им. А.Г. Лорха	‘Антонина’, ‘Любава’, ‘Накра’, ‘Памяти Рогачева’, ‘Саровский’, ‘Солнечный’, ‘Тулеевский’
Итого	**N = 66**

Примечания: *В таблице указана аббревиатура названий институтов, актуальная на момент передачи растительного материала в Гербарий ВИР:
ВНИИКХ – ВНИИ картофельного хозяйства им. А.Г. Лорха,
ИЦиГ СО РАН – Институт цитологии и генетики Сибирского отделения Российской Академии Наук,
КБНИИСХ – Кабардино-Балкарский НИИ сельского хозяйства,
Ленинградский НИИСХ «Белогорка» – Ленинградский НИИ сельского хозяйства «Белогорка»,
Пензенский НИИСХ – Пензенский НИИ сельского хозяйства,
СФНЦА РАН – Сибирский федеральный научный центр агробиотехнологий РАН,
СамНЦ РАН – Самарский федеральный исследовательский центр РАН,
СибНИИРС – Сибирский НИИ Растениеводства и Селекции,
ТатНИИСХ – ОСП ФИЦ КазНЦ РАН – Татарский НИИ сельского хозяйства обособленное структурное подразделение в ФИЦ «Казанский научный центр Российской академии наук».

В гербарную коллекцию ВИР селекционеры также передавали побеги и клубни созданных ими предсортов, находящихся в госсортоиспытании, и селекционных клонов, являющихся донорами ценных признаков. Эти образцы загербаризированы, на данный момент 11 из них оформлены в качестве ваучерных гербарных образцов, документирующих выполненные исследования по генотипированию и молекулярному скринингу. После окончания госсортоиспытаний и регистрации новых сортов, уже созданные ваучерные гербарные образцы могут быть выбраны в качестве номенклатурных стандартов.

Начальные этапы сбора и этикетирования растительного материала, а также пробоподготовки для выделения ДНК являются наиболее ответственными в оформлении номенклатурного стандарта сорта. Любая ошибка на этом этапе может нивелировать последующий большой объем работы. Разработанный в ВИРе протокол позволяет снизить вероятность редких технических ошибок, которые могут произойти на этой стадии. Так, например, при сопоставлении морфологических признаков переданных для гербаризации клубней с описанием признаков из «Анкеты сорта» в 3,6% случаев (три из 84 образцов, переданных с официальными документами) были выявлены несоответствия по признаку окраски кожуры (см. Rybakov et al., в следующем выпуске). В такой ситуации растительный материал, для оформления номенклатурного стандарта, запрашивали у авторов сорта заново.

Использование в SSR анализе независимо выделенных образцов ДНК одного сорта также позволяет избежать редкие технические и/или методические ошибки. Как отмечено выше, генетический паспорт сорта разрабатывался с использованием двух образцов ДНК, независимо выделенных из тканей листьев и из кожуры клубня одного и того же растения, отобранного селекционером. В исследованиях по молекулярно-генетической паспортизации сортов картофеля, выведенных с участием селекционеров из ВНИИКХ, был использован дополнительный, третий образец ДНК. Это связано с тем, что на опытном поле ВНИИКХ селекционер, отбирая растительный материал от одного и того же растения, передавал его в два института: в ВИР – для оформления номенклатурного стандарта, и в ФИЦ Биотехнологии РАН – для изучения полиморфизма генов, определяющих содержание крахмала. Благодаря согласованным планам трех институтов (ВИР, ВНИИКХ, ФИЦ Биотехнологии РАН) разные исследовательские группы получали дополнительные независимо выделенные контрольные образцы ДНК. В единичных случаях (2,4%) были выявлены различия в SSR спектрах, генерированных на независимо выделенных образцах ДНК одного сорта. В таком случае оформление номенклатурного стандарта приостанавливалось до получения нового растительного материала от авторов сорта.

Из 84 образцов, поступивших в гербарную коллекцию ВИР непосредственно из селекцентров, где сорта создавались, к настоящему времени создано 66 номенклатурных стандартов и оформлено 11 ваучерных образцов. Для каждого из этих 77 образцов разработан генетический паспорт, в котором размещена информация об аллельном составе высокополиморфных микросателлитных локусов, о наличии/отсутствии диагностических фрагментов маркеров генов устойчивости к болезням и вредителям, а также данные о типах цитоплазм сортов (см. статьи: Klimenko et al., Fomina et al., a, см. в этом же выпуске; Rybakov et al., Fomina et al., b, см. в следующем выпуске). Генотипирование остальных образцов продолжается. Во всех случаях для паспортизации использованы образцы ДНК, выделенные из частей растения, переданных авторами сортов в Гербарий ВИР для оформления номенклатурных стандартов и ваучеров. При наличии уже опубликованных данных о ДНК маркерах у образцов сорта, такую информацию размещали в генетическом паспорте сорта только после подтверждения результата в повторном опыте с препаратами ДНК номенклатурных стандартов.

В рамках развиваемой стратегии, биотехнологические методы применяли для сохранения в живом виде образцов, переданных авторами сортов для создания номенклатурных стандартов. Такой подход был использован для введения в культуру *in vitro* сортов, выведенных в Ленинградском НИИСХ «Белогорка», ТатНИИСХ – ОСП ФИЦ КазНЦ РАН, и отдельных сортов селекции других институтов. Полученные *in vitro* растения включали в криоконсервацию (Efremova et al., в этом же номере).

В совместных работах с каждым селекционным

институтом имелись свои особенности. Так, параллельно с передачей в гербарную коллекцию побегов с соцветиями и клубней сортов собственной селекции, из двух институтов были переданы в ВИР образцы сортов в виде пробирочных растений: 28 – из Банка Здоровых Сортов Картофеля ВНИИКХ и 5 – из СибНИИРС-филиал ИЦиГ СО РАН. Из этих *in vitro* растений также была выделена ДНК для проведения SSR анализа. При совпадении результатов генотипирования переданных *in vitro* образцов с SSR-профилем номенклатурного стандарта сорта, микрорастения включали в опыты по криоконсервации (Efremova et al., в этом же номере).

Информация о полиморфизме микросателлитных локусов, размещенная в генетических паспортах номенклатурных стандартов и гербарных ваучеров, позволила использовать их в качестве контролей для оценки подлинности и однородности образцов одного и того же сорта, полученных из различных источников: из выборок КПНИ_ЭГИ-2016, КПНИ_ЭГИ-2017, КПНИ_ЭГИ-2018 и КПНИ_ЭГИ-2019, а также из полевых и из *in vitro* коллекций разных институтов (Klimenko et al., Fomina et al., a, см. в этом же выпуске; Rybakov et al., Fomina et al., b, см. в следующем выпуске). Так, например, несовпадения в SSR-спектрах встречались у 7,5% проанализированных образцов выборки КПНИ_ЭГИ-2018. Таким образом, наличие генетического паспорта номенклатурного стандарта позволяет верифицировать подлинность (‘trueness to type’) образцов определенного сорта, полученных их различных источников (Klimenko et al., Fomina et al., a, см. в этом же выпуске; Rybakov et al., Fomina et al., b, см. в следующем выпуске).

Заключение

В последние годы в Гербарии ВИР формируются коллекции номенклатурных стандартов сортов различных культур. Предложенная нами новая стратегия регистрации в генбанке ВИР отечественных сортов, полученных от их авторов, включает использование комплекса ботанических, молекулярно-генетических и биотехнологических методов для создания номенклатурного стандарта сорта, разработки его генетического паспорта и сохранения переданного растительного материала в живом виде.

В настоящей статье обобщены первые результаты реализации этой стратегии, которые публикуются в этом и в следующем выпусках журнала, развивающие методические подходы к регистрации, документации и сохранению в коллекции ВИР отечественного сортового генофонда (Klimenko et al.; Fomina et al., a, см. в этом же выпуске; Antonova et al.; Rybakov et al.; Fomina et al., b, см. в следующем выпуске). Результатом этих работ является создание 66 номенклатурных стандартов современных российских сортов картофеля и оформление 11 ваучерных образцов, а также разработка их генетических паспортов. Оформление номенклатурных стандартов отечественных сортов картофеля и их молекулярно-генетическая паспортизация продолжаются, в том числе и с развитием сотрудничества с новыми селекционными учреждениями.

Данные генетических паспортов номенклатурных стандартов были успешно использованы для верификации подлинности (‘trueness to type’) образцов одного и того же сорта, полученных из различных источников и выявления вариантов «засорения» коллекционных образцов (Klimenko et al.; Fomina et al., a, см. в этом же выпуске; Rybakov et al.; Fomina et al., b, см. в следующем выпуске). Генотипированные образцы сортов из *in vitro* коллекции ВИР, микросателлитные профили которых совпали с SSR-спектрами номенклатурных стандартов соответствующих сортов, участвуют в криоконсервации, после чего передаются на длительное хранение в криобанк ВИР (Efremova et al., в этом же выпуске).

Препараты ДНК, выделенные из растений номенклатурных стандартов, могут быть использованы и в системе госсортоиспытания для оценки генетической однородности и отличимости сорта (ООС). Номенклатурный стандарт сорта и образец ДНК, выделенный из него, может быть использован в качестве контроля для идентификации генетически модифицированных образцов этого сорта, полученных с применением индуцированного мутагенеза, ГМО технологий или современных методов геномного редактирования, что в перспективе актуально не только для селекционных и семеноводческих учреждений, но и для генбанков.

Информация, размещенная в генетическом паспорте, важна для идентификации сорта, анализа родословных, изучения генетического разнообразия, подбора пар для скрещиваний и планирования селекционных программ, а также для оценки защищенности и уязвимости отечественного сортового генофонда. Препараты ДНК, выделенные из растений номенклатурных стандартов, будут использоваться и в дальнейшем для получения дополнительной информации о генетическом потенциале сорта на основе расширения списка ДНК маркеров и применения новых генетических технологий.

Поскольку в длительной перспективе живые образцы из *ex situ* коллекций могут подвергаться генетической эрозии или могут быть утеряны из любых дублетных (полевых, *in vitro,* крио-) коллекций, то в долговременной перспективе номенклатурный стандарт и разработанный на его основе генетический паспорт могут быть использованы в качестве наиболее надежного растительного материала, документирующего сорт.

Благодарности/Acknowledgments

В статье представлены материалы, подготовленные при поддержке: в 2017-2018 гг. подпрограммы "Развитие селекции и семеноводства картофеля в Российской Федерации" (создание номенклатурных стандартов и разработка генетических паспортов сортов, полученных от селекционеров в 2018 году); в 2019-2020 гг. – при поддержке темы НИР № 0662-2019-0004, номер государственной регистрации (РК) АААА-А19-119013090158-8 (создание

номенклатурных стандартов сортов, полученных в 2019 году) и Госзадания № 0481-2019-0002 (генотипирование и молекулярный скрининг сортов, полученных от селекционеров в 2019 году).
Авторы высказывают глубокую благодарность селекционерам – авторам сортов, передавшим растительный материал в научный гербарий культурных растений ВИР (WIR) для создания номенклатурных стандартов и разработки генетических паспортов.
The paper presents the materials prepared with assistance provided in 2017-2018 within the framework of: the subprogram "Development of potato breeding and seed production in the Russian Federation" (preparing of the nomenclatural standards and genetic passports of the potato cultivars received from breeders in 2018); in 2019-2020 within the framework of the R&D Topic No. 0662-2019-0004, State Registration No. AAAA-A19-119013090158-8 (preparing of the nomenclatural standards of the potato cultivars received from breeders in 2019) and within the State Assignment No. 0481-2019-0002 (genotyping and molecular screening of the cultivar samples received in 2019).
The authors are deeply grateful to the breeders (the cultivar authors) for submitting plant material to the VIR scientific herbarium of cultivated plants (WIR) for the preparati of nomenclatural standards.

References / Литература

Ames M., Spooner D.M. DNA from herbarium specimens settles a controversy about origins of the European potato. *American Journal of Botany*. 2008;95(2):252-257. DOI: 10.3732/ajb.95.2.252

Antonova O.Y., Shvachko N.A., Novikova L.Y., Shuvalov O.Y., Kostina L.I., Klimenko N.S., Shuvalova A.R., Gavrilenko T.A. Genetic diversity of potato varieties bred in Russia and near-abroad countries based on polymorphism of SSR-loci and markers associated with resistance *R*-genes. *Vavilov Journal of Genetics and Breeding*. 2016;20(5):596-606. [in Russian] (Антонова О.Ю., Швачко Н.А., Новикова Л.Ю., Шувалов О.Ю., Костина Л.И., Клименко Н.С., Шувалова А.Р., Гавриленко Т.А. Генетическое разнообразие сортов картофеля российской селекции и стран ближнего зарубежья по данным полиморфизма SSR-локусов и маркеров *R*-генов устойчивости. *Вавиловский журнал генетики* и *селекции*. 2016;20(5):596-606). DOI: 10.18699/VJ16.181

Bali S., Sathuvalli V., Brown C., Novy R., Ewing L., Debons J., Douches D., Coombs J., Navarre D., Whitworth J., Charlton B., Yilma S., Shock C., Stark J., Pavek M., Knowles N. R. Genetic fingerprinting of potato varieties from the Northwest potato variety development program. *American Journal of Potato Research*. 2017;94(1):54-63. DOI: 10.1007/s12230-016-9547-z

Biniam M.G., Githiri S.M., Tadesse M., Remmy W.K., Marc G., Eric M. Genetic diversity assessment of farmers and improved potato (*Solanum tuberosum*) cultivars from Eritrea using simple sequence repeat (SSR) markers. Afr.J.Biotechnol. 2016;15(35):1883-1891. DOI: 10.5897/ajb2016.15237

Belozor N.I. Herbarization of cultivated plants: (Guidelines) (Gerbarizatsiya kulturnykh rastenii: (Metodicheskie ukazaniya)). Leningrad: VIR; 1989. [in Russian] (Белозор Н.И. Гербаризация культурных растений: (методические указания). Ленинград: ВИР; 1989).

Bieker V.C., Martin M.D. Implications and future prospects for evolutionary analyses of DNA in historical herbarium collections. *Botany Letters*. 2018;165(3-4):409-418. DOI: 10.1080/23818107.2018.1458651

Brickell C.D., Alexander C., Cubey J.J., David J.C., Hoffman M.H.A., Leslie A.C., Malécot V., Xiaobai Jin (eds). International code of nomenclature for cultivated plants. Ed. 9. *Scripta Horticulturae*. 2016;18:I-XVII+1-190.

Bukasov S.M., Kameraz A.Y.A., Lekhnovich V.S., Kornejchuk V.A., Kostina L.I. A comprehensive unified COMECON list of descriptors and the international COMECON list of descriptors for potato species of the *Tuberarium* (Dun.) Buk. section of the genus *Solanum* L. (Shirokij unifitsirovannyj klassifikator SEV i mezhdunarodnyj klassifikator SEV vidov kartofelya sektsii *Tuberarium* (Dun.) Buk. roda *Solanum* L). Leningrad: VIR; 1977. [in Russian] (Букасов С.М., Камераз А.Я., Лехнович В.С., Корнейчук В.А., Костина Л.И. Широкий унифицированный классификатор СЭВ и международный классификатор СЭВ видов картофеля секции *Tuberarium* (Dun.) Buk. рода *Solanum* L. Ленинград: ВИР; 1977).

Côté M.J., Leduc L., Reid A. Evaluation of Simple Sequence Repeat (SSR) Markers Established in Europe as a Method for the Identification of Potato Varieties Grown in Canada. *American Journal of Potato Research*. 2013;90:340-350. DOI: 10.1007/s12230-013-9310-7

FAO. Genebank Standards for Plant Genetic Resources for Food and Agriculture Rev. ed. Rome; 2014.

Feingold S., Lloyd J., Norero N., Bonierbale M., Lorenzen J. Mapping and characterization of new EST-derived microsatellites for potato (*Solanum tuberosum* L.). *Theoretical and Applied Genetics*. 2005;111:456-466. DOI: 10.1007/s00122-005-2028-2

Fomina N.A., Antonova O.Yu., Chukhina I.G., Gavrilenko T.A. Herbarium collections in molecular genetic studies. *Turczaninowia*. 2019;22(4):104-118 [In Russian] (Фомина Н.А., Антонова О.Ю., Чухина И.Г., Гавриленко Т.А. Гербарные коллекции в молекулярно-генетических исследованиях. *Turczaninowia*. 2019;22(4):104-118) DOI: 10.14258/turczaninowia.22.4.12

Gavrilenko T., Antonova O., Ovchinnikova A., Novikova L., Krylova E., Mironenko N., Pendinen G., Islamshina A., Shvachko N., Kiru S., Kostina L., Afanasenko O., Spooner D. A microsatellite and morphological assessment of the Russian National Potato Collection. *Genetic Resources and Crop Evolution*. 2010;57:1151-1164. DOI: 10.1007/s10722-010-9554-8

Gavrilenko T.A., Chukhina I.G., Antonova O.Yu., Klimenko N.S., Novikova L.Yu. On the origin of Chilean cultivated potato (*Solanum* sect. *Petota* Dumort.). In: *Taxonomy and evolutionary morphology of plants: Materials of the Conference dedicated to 85 anniversary of Tikhomirov V.N. (2017 January 31 – February 3)*. Moscow; 2017. p.136-140. [In Russian]. (Гавриленко Т.А., Чухина И.Г., Антонова О.Ю., Клименко Н.С., Новикова Л.Ю. О происхождении чилийского культурного картофеля (*Solanum* sect. *Petota* Dumort.). В кн.: *Систематика* и *эволюционная морфология растений: Материалы конференции, посвященной 85-летию со дня рождения Тихомирова В.Н. (31 января – 3 февраля 2017)*. Москва; 2017. С.136-140).

Gavrilenko T.A., Dunaeva S.E., Truskinov E.V., Antonova O. Yu., Pendinen G.I., Lupysheva Yu.V., Rogovaya V.V., Shvachko N.A. The strategy of long-term conservation of the gene pool of vegetatively propagated agricultural plants under controlled environmental conditions. *Proceedings on Applied Botany, Genetics and Breeding*. 2007;164:273-283 [in Russian] (Гавриленко Т.А., Дунаева С.Е., Трускинов Э.В., Антонова О.Ю., Пендинен Г.И., Лупышева Ю.В., Роговая В.В., Швачко Н.А. Стратегия долгосрочного сохранения генофонда вегетативно размножаемых сельскохозяйственных растений в контролируемых условиях среды. *Труды* по *прикладной ботанике, генетике* и *селекции*. 2007;164:273-283).

Ghislain M., Nunez J., Herera M. del R., Pignataro J., Guzman F., Bonierbale M., Spooner D.M. Robust and highly informative microsatellite-based genetic identity kit for potato. *Molecular Breeding*. 2009;23:377-388. DOI: 10.1007/s11032-008-9240-0

Ghislain M., Spooner D.M., Rodríguez F., Villamón F., Núñez J., Vásquez C., Waugh R., Bonierbale M. Selection of highly informative and user-friendly microsatellites (SSRs) for genotyping of cultivated potato. *Theoretical and Applied Genetics*. 2004;108(5):881-890. DOI: 10.1007/s00122-003-1494-7

Dyachenko E.A., Kulakova A.V., Shchennikova A.V., Kochieva E.Z. Genome variability of Russian potato cultivars: AFLP-analysis data. *Agricultural Biology*. 2020;55(3):499-509. [in Russian]

(Дьяченко Е.А., Кулакова А.В. , Щенникова А.В., Кочиева Е.З. Вариабельность генома отечественных сортов картофеля: данные AFLP-анализа. *Сельскохозяйственная биология*. 2020;55(3):499-509). DOI: 10.15389/agrobiology.2020.3.499rus

Hammer K. A paradigm shift in the discipline of plant genetic resources. *Genetic Resources and Crop Evolution*. 2003;50:3-10. DOI: 10.1023/A:1022944910256

Hawkes J.G. The potato: evolution, biodiversity and genetic resources. London: Belhaven Press; 1990.

Huaman Z., Williams J.T., Salhuana W., Vincent L. Descriptors for the cultivated potato and for the maintenance and distribution of germplasm collections. Rome, Italy: International Board for Plant Genetic Resources; 1977.

Hosaka K., Sanetomo R. Development of a rapid identification method for potato cytoplasm and its use for evaluating Japanese collections. *Theoretical and Applied Genetics*. 2012;125(6):1237-1251. DOI: 10.1007/s00122-012-1909-4

Inglis P.W., Marilia de Castro R.P., Resende L.V., Grattapaglia D. Fast and inexpensive protocols for consistent extraction of high quality DNA and RNA from challenging plant and fungal samples for highthroughput SNP genotyping and sequencing applications. *PLoS ONE*. 2018;13(10):e0206085. DOI: 10.1371/journal.pone.0206085

Juzepczuk S.W., Bukasov S.M. A contribution to the question of the origin of the potato. In: *Trudy Vsesoyuzn Szeda Genet Selek*. Vol. 3. Leningrad; 1929. p.593-611 [in Russian] (Юзепчук С.В., Букасов С.М. К вопросу о происхождении картофеля. В кн.: *Труды Всесоюзного съезда* по *генетике, селекции, семеноводству* и *племенному животноводству. Т. 3.* Ленинград, 1929; С.593-611).

Karaagac E., Yilma S., Cuesta-Marcos A. et al. Molecular analysis of potatoes from the Pacific Northwest Tri-State Variety Development Program and selection of markers for practical DNA fingerprinting applications. *American Journal of Potato Research*. 2014; 91:195-20. DOI: 10.1007/s12230-013-9338-8

Khiutti A.V., Rybakov D.A., Gavrilenko T.A., Afanasenko O.S. Resistance to causal agents of late blight and golden potato nematode of the modern cultivars of seed potatoes and their phytosanitary status in various agroclimatic zones of the European part of Russia. Vavilov Journal of Genetics and Breeding. 2020;24(4):363-375. DOI: 10.18699/VJ20.629 [in Russian] (Хютти А.В.,Рыбаков Д.А., Гавриленко Т.А., Афанасенко О.С. Устойчивость к возбудителям фитофтороза и глободероза современного сортимента семенного картофеля и его фитосанитарное состояние в различных агроклиматических зонах европейской части России. Вавиловский журнал генетики и селекции. 2020;24(4):363-375). DOI: 10.18699/VJ20.629

Kolobova O.S., Maluchenko O.P., Shalaeva T.V., Shanina E.P., Shilov I.A., Alekseev Ya.I., Velishaeva N.S. Multiplexed set of 10 microsatellite markers for identification of potato varieties. *Vavilov Journal of Genetics and Breeding.* 2017;21(1):124-127. [in Russian] (Колобова О.С., Малюченко О.П., Шалаева Т.В., Шанина Е.П., Шилов И.А., Алексеев Я.И., Велишаева Н.С. Генетическая паспортизация картофеля на основе мультиплексного анализа 10 микросателлитных маркеров. *Вавиловский журнал генетики* и *селекции.* 2017;21(1):124-127). DOI: 10.18699/VJ17.230

Liao H., Guo H. Using SSR to evaluate the genetic diversity of potato cultivars from Yunnan province (SW CHINA) Hong Liao and Huachun Guo. *Acta Biologica Cracoviensia, Series Botanica.* 2014; 56:16-27. DOI: 10.2478/abcsb-2014-0003

Milbourne D., Meyer R.C., Collins A.J., Ramsay L.D., Gebhardt C., Waugh R. Isolation, characterisation and mapping of simple sequence repeat loci in potato. *Molecular and General Genetics*. 1998;259:233-245. DOI: 10.1007/s004380050809

Niino T., Arizaga M.V. Cryopreservation for preservation of potato genetic resources. *Breeding Science*, 2015;65(1):41-52. DOI: 10.1270/jsbbs.65.41.

RTG/0023/2 (from the 26.12.2005). DUS (distinctness, uniformity, stability) testing methodologies: Potato (*Solanum tuberosum* L.). State Commission of the Russian Federation for Selection Achievements Test and Protection [in Russian] (RTG/0023/2 (от 26.12.2005). Методика проведения испытаний на отличимость, однородность и стабильность: Картофель (*Solanum tuberosum* L.). Государственная комиссия Российской Федерации по испытанию и охране селекционных достижений). URL: https://gossortrf.ru/metodiki-ispytaniy-na-oos/ [дата обращения: 09.11.2020].

Salimi H., M. Bahar, A. Mirlohi, M. Talebi. Assessment of the genetic diversity among potato cultivars from different geographical areas using the genomic and EST microsatellites. *Iranian Journal of Biotechnology*. 2016;14(4):e1280. DOI: 10.15171/ijb.1280

Sharma V., Nandineni M.R. Assessment of genetic diversity among Indian potato (Solanum tuberosum L.) collection using microsatellite and retrotransposon based marker systems. *Molecular Phylogenetics and Evolution*. 2014;73:10-17**.** DOI: 10.1016/j.ympev.2014.01.003

Shvachko N.A. Genetic diversity of potato varieties of VIR collection detected by SSR analysis (Geneticheskoe raznoobrazie selektsionnykh sortov kartofelya kollektsii VIR, vyyavlennoe SSR analizom) [dissertation]. St. Petersburg: VIR; 2012. [in Russian] (Швачко Н.А. Генетическое разнообразие селекционных сортов картофеля коллекции ВИР, выявленное SSR анализом: дис. … кандидата биологических наук. Санкт-Петербург: ВИР; 2012).

Smekalova T.N., Bagmet L.V., Chukhina I.G. VIR (N.I. Vavilov Institute of Plant Industry) herbarium (WIR) and its role in decision of plant genetic resources mobilization, conservation and studying problems. *Proceedings on Applied Botany, Genetics and Breeding*, 2012;169:180-192 [in Russian] (Смекалова Т.Н., Багмет Л.В., Чухина И.Г. Гербарий ВИР им. Н.И. Вавилова (WIR) и его роль в решении проблем мобилизации, сохранения и изучения генетических ресурсов растений. *Труды* по *прикладной ботанике, генетике* и *селекции*. 2012;169:180-192).

Spooner D., van Treuren R., de Vicente M.C. Molecular Markers for Genebank Management. Bioversity International: Rome, Italy; 2005.

State Register for Selection Achievements Admitted for Usage. 2020. [in Russian] (Государственный реестр селекционных достижений, допущенных к использованию. 2020). URL: https://gossortrf.ru/gosreestr/ [дата обращения: 13.10.2020].

Tiwari J.K., Ali N., Devi S., Kumar V., Zinta R., Chakrabarti S.K. Development of microsatellite markers set for identification of Indian potato varieties. *Scientia Horticulturae*. 2018;231:22-30. DOI: 10.1016/j.scienta.2017.11.027

Turland N.J., Wiersema J.H., Barrie F.R., Greuter W., Hawksworth D.L., Herendeen P.S., Knapp S., Kusber W.-H., Li D.-Z., Marhold K., May T.W., McNeill J., Monro A.M., Prado J., Price M.J., Smith G.F. (eds.). International Code of Nomenclature for algae, fungi, and plants (Shenzhen Code). Adopted by the Nineteenth International Botanical Congress Shenzhen, China, July 2017. Regnum Vegetabile 159. Glashütten: Koeltz Botanical Books; 2018. DOI: 10.12705/Code.2018

Vetelainen M., Gammelgard E., Valkonen J.P.T. Diversity of Nordic landrace potatoes (*Solanum tuberosum* L.) revealed by AFLPs and morphological characters. *Genetic Resources and Crop Evolution*. 2005;52:999-1010. DOI: 10.1007/s10722-003-6129-y

Wang Y., Rashid M.A.R., Li X., Yao C., Lu L., Bai J., Li Y., Xu N., Yang Q., Zhang L., Bryan G.J., Sui Q., Pan Z. Collection and Evaluation of Genetic Diversity and Population Structure of Potato Landraces and Varieties in China**.** *Frontiers in Plant Science.* 2019;10:39. DOI: 10.3389/fpls.2019.00139

DOI: 10.30901/2658-6266-2020-3-o3

НОМЕНКЛАТУРНЫЕ СТАНДАРТЫ И ГЕНЕТИЧЕСКИЕ ПАСПОРТА СОРТОВ КАРТОФЕЛЯ, ВЫВЕДЕННЫЕ СЕЛЕКЦИОНЕРАМИ ЛЕНИНГРАДСКОГО НИИСХ «БЕЛОГОРКА»

Клименко Н.С.[1], Гавриленко Т.А.[1*], Чухина И.Г.[1], Гаджиев Н.М.[2,3], Евдокимова З.З.[2], Лебедева В.А.[2,3]

[1]Федеральный исследовательский центр Всероссийский институт генетических ресурсов растений имени Н.И. Вавилова (ВИР), 190000 Россия, г. Санкт-Петербург, ул. Б. Морская, 42, 44;
*✉ tatjana9972@yandex.ru

[2]Ленинградский НИИ сельского хозяйства «Белогорка» — филиал ФГБНУ «Федеральный исследовательский центр картофеля им. А.Г. Лорха», 188338 Россия, Ленинградская обл., Гатчинский р-н, Белогорка, ул. Институтская, 1

[3]ООО Селекционная фирма «ЛиГа», 188338 Россия, Ленинградская обл., Гатчинский р-н, Белогорка, а/я 1, Селекционная фирма «ЛиГа»

В данной статье на примере сортов картофеля, созданных селекционерами Ленинградского НИИСХ «Белогорка», представлены результаты развития методических подходов к созданию номенклатурных стандартов и их генетической паспортизации, разрабатываемых в ВИРе. В 2018 году были начаты совместные исследования сотрудников ВИР с селекционерами этого института по оформлению номенклатурных стандартов сортов картофеля, выведенных ими. Номенклатурные стандарты сортов были оформлены в соответствии с положениями Международного кодекса номенклатуры культурных растений (International Code of Nomenclature for Cultivated Plants). Растительный материал для гербаризации, включавший побеги с соцветиями, и позднее клубни, отбирали на опытном поле Ленинградского НИИСХ «Белогорка» лично авторы сортов, которые передавали их в ВИР в Гербарий культурных растений, их диких родичей и сорных растений (WIR). Материал включал 21 сорт, созданный селекционерами Ленинградского НИИСХ «Белогорка». В исследования также были включены два предсорта, которые находятся в Госсортоиспытании, и три селекционных клона. Непосредственно перед гербаризацией проводили фоторегистрацию и описание морфологических признаков переданного растительного материала, которые были сопоставлены с данными, приведенными в официальных документах: «Анкете сорта» и в «Описании селекционного достижения». Номенклатурные стандарты 21 сорта, зарегистрированные в базе данных «Гербарий ВИР» и переданные на хранение в типовой фонд гербария ВИР, публикуются в настоящей статье. Перед гербаризацией часть растительного материала отбирали для выделения ДНК с целью проведения молекулярно-генетической паспортизации и молекулярного скрининга. Генетические паспорта содержат информацию о полиморфизме 10 хромосомспецифичных микросателлитных локусов и дополнены данными о наличии/отсутствии диагностических фрагментов 12 маркеров 11 *R*-генов устойчивости к вредным организмам и для некоторых сортов – данными о типах цитоплазм. Ценность разработанных генетических паспортов состоит не только в привлечении для их создания разных типов ДНК маркеров (SSR-, SCAR- и CAPS- маркеры, специфичные к разным локусам ядерного и органельных геномов), но прежде всего в самом материале – молекулярно-генетический анализ был выполнен с образцами ДНК растений, которые использовали для создания номенклатурного стандарта каждого сорта. На основе данных генетических паспортов проведена верификация образцов белогорских сортов, полученных из различных источников.

Ключевые слова: *Solanum tuberosum* L., гербарий ВИР, WIR, морфологические признаки, ДНК маркеры, SSR анализ.

NOMENCLATURAL STANDARDS AND GENETIC PASSPORTS OF POTATO CULTIVARS BRED AT THE LENINGRAD RESEARCH INSTITUTE FOR AGRICULTURE "BELOGORKA"

Klimenko N.S.[1], Gavrilenko T.A.[1*], Chukhina I.G.[1], Gadzhiev N.M.[2,3], Evdokimova Z.Z.[2], Lebedeva V.A.[2,3]

[1]N.I. Vavilov All-Russian Institute of Plant Genetic Resources (VIR), 42, 44 Bolshaya Morskaya Street, St.Petersburg 190000, Russia;
*✉ tatjana9972@yandex.ru

[2]Leningrad Research Institute for Agriculture "Belogorka", branch of the A.G. Lorch Russian Potato Research Center, 1, Institutskaya Street, Belogorka, Gatchina District, Leningrad Province 188338, Russia

[3]"LiGa" Breeding Company, LLC, P.O.Box 1, Belogorka, Gatchina District, Leningrad Province 188338, Russia

In the present paper, the potato cultivars bred at the Leningrad Research Institute for Agriculture "Belogorka", were taken as an example for demonstrating the results of elaboration of methodological approaches that are currently developed at the N.I. Vavilov Institute of Plant Genetic Resources (VIR) for the preparing of nomenclatural standards and their genotyping. In 2018, joint research of VIR scientists and breeders from the Leningrad Research Institute for Agriculture "Belogorka" began in the field of preparing nomenclatural standards for potato cultivars bred at this institute. Nomenclatural standards were prepared according to the 'International Code of Nomenclature for Cultivated Plants'. Plant material for herbarium specimens was collected in the experimental field of the "Belogorka" Institute in 2018 by cultivar authors and handed over to the VIR Herbarium of cultivated plants, their wild relatives and weeds (WIR). The plant material included stems with inflorescences and later - tubers of 21 cultivars which were bred at the "Belogorka" Institute. Two precultivars undergoing State variety testing and three breeding clones were also included in this study. Just before herbarium preparation, the obtained plant material was photographed, plant morphological characters described, and the results compared with the description given in such official documents as the "Cultivar Questionnaire" and "Description of selection achievement". The nomenclatural standards of 21 cultivars registered in the VIR Herbarium Database and transferred for conservation to the VIR herbarium, are published in this paper. Before herbarium preparation, the plant material was sampled for DNA extraction and subsequent genotyping and molecular screening. The genetic passports include information about the polymorphism of 10 chromosome-specific microsatellite loci, as well as the data on the presence/absence of diagnostic fragments of 12 markers of the 11 *R*-genes conferring resistance to diseases and pests, and for some cultivars – the information about their cytoplasm type. These genetic passports are valuable not only because different types of DNA markers were used in their preparing (SSR, SCAR and CAPS markers of the *R* genes; markers specific to different loci of the nuclear and organelle genomes), but first of all because of the material itself, as the DNA samples were isolated from the plants with the assigned status of nomenclatural standard for each particular cultivar. Based on the genetic passports data, trueness to type of the "Belogorka" cultivar samples obtained from various sources was verified.

Key words: *Solanum tuberosum* L., VIR herbarium, WIR, morphological traits, DNA markers, SSR analysis.

Прозрачность финансовой деятельности/Financial transparency
Авторы не имеют финансовой заинтересованности в представленных материалах или методах. / The authors have no financial interest in the presented materials or methods.
Авторы благодарят рецензентов за их вклад в экспертную оценку этой работы/The authors thank the reviewers for their contribution to the peer review of this work
Дополнительная информация/Additional information
Полные данные этой статьи доступны / Extended data is available for this paper at https://doi.org/10.30901/2658-6266-2020-3-o3
Мнение журнала нейтрально к изложенным материалам, авторам и их месту работы / The journal's opinion is neutral to the presented materials, the author, and his or her employer
Все авторы одобрили рукопись/All authors approved the manuscript
Конфликт интересов отсутствует/No conflict of interest

Для цитирования: Клименко Н.С., Гавриленко Т.А., Чухина И.Г., Гаджиев Н.М., Евдокимова З.З., Лебедева В.А. Номенклатурные стандарты и генетические паспорта сортов картофеля, выведенные селекционерами Ленинградского НИИСХ «Белогорка». *Биотехнология и селекция растений*. 2020;3(3):18-54. DOI: 10.30901/2658-6266-2020-3-o3

For citation: Klimenko N.S., Gavrilenko T.A., Chukhina I.G., Gadzhiev N.M., Evdokimova Z.Z., Lebedeva V.A. Nomenclatural standards and genetic passports of potato cultivars bred at the Leningrad Research Institute for Agriculture "Belogorka". *Plant Biotechnology and Breeding*. 2020;3(3):18-54. (In Russ.). DOI: 10.30901/2658-6266-2020-3-o3

Klimenko N.S. https://orcid.org/0000-0002-5432-6466
Gavrilenko T.A. https://orcid.org/0000-0002-2605-6569
Chukhina I.G. https://orcid.org/0000-0003-3587-6064
Gadzhiev N.M. https://orcid.org/0000-0001-6787-8449
Evdokimova Z.Z. https://orcid.org/0000-0002-2433-8052
Lebedeva V.A. https://orcid.org/0000-0001-8131-9395
УДК 635.21:631.523+631.526.32
Поступила в редакцию: 23.10.2020
Принята к публикации: 12.12.2020

Введение

История ведущего селекционного центра на северо-западе РФ ведет свое начало с 1925 года, когда была образована Северо-Западная сельскохозяйственная опытная станция. В 1956 году на базе этой станции был организован Северо-Западный научно-исследовательский институт сельского хозяйства, переименованный в 2003 году в Ленинградский НИИ сельского хозяйства, который проводил комплексные исследования по агрохимии, земледелию, экономике сельского хозяйства, первичному семеноводству и селекции разных культур. В 2009 году институт был переименован в Ленинградский научно-исследовательский институт сельского хозяйства «Белогорка» (Ленинградский НИИСХ «Белогорка»). На протяжении всей истории института селекция картофеля являлась одним из ведущих направлений его деятельности. В 2019 году Ленинградский НИИСХ «Белогорка» стал филиалом ВНИИ картофельного хозяйства имени А.Г. Лорха (ВНИИКХ имени А.Г. Лорха), а затем был преобразован в филиал ФГБНУ «Федеральный исследовательский центр картофеля им. А.Г. Лорха» («ФИЦ картофеля им. А.Г. Лорха»).

Сотрудниками института были выдающиеся селекционеры, внесшие большой вклад в развитие селекции картофеля, среди них – Е.А. Осипова, которая вместе со своими коллегами и учениками создала сорта, адаптированные к сложным условиям Северо-Западного региона РФ (Osipova, 1980). В селекционные исследования был широко привлечен материал из коллекции ВИР, а также использованы гибриды с полиплоидами диких видов картофеля, полученные Н.А. Лебедевой в 1961 году (Институт общей генетики им. Н.И. Вавилова). В выведении новых сортов использовали многовидовые гибриды, созданные с участием образцов южно-американских и мексиканских диких видов картофеля, а также диплоидных и тетраплоидных культурных видов. В 2000 году два сотрудника института В.А. Лебедева и Н.М. Гаджиев организовали селекционную фирму «ЛиГа», занимающуюся выведением новых сортов картофеля. Созданный белогорскими селекционерами оригинальный материал обладает ценными для Северо-Западного региона РФ признаками: раннеспелостью, устойчивостью к грибным болезням, к бактериальным гнилям и к ряду других заболеваний, а также высокой урожайностью и хорошим качеством клубней (Gadzhiev, Lebedeva, 2010; Lebedeva, 2010; Evdokimova, 2010; Lebedeva, Gadzhiev, 2011; Evdokimova, Kalashnik, 2013, 2016). Образцы белогорских сортов сохраняются не только в Ленинградском НИИСХ «Белогорка» – филиале ФГБНУ «ФИЦ картофеля им. А.Г. Лорха», но и в ВИР – в полевой и в *in vitro* коллекциях.

В последние десятилетия для изучения генетического разнообразия образцов коллекций и повышения эффективности селекционного процесса широко применяют молекулярно-генетические маркеры. Для генотипирования сортов картофеля наиболее часто используют SSR маркеры, что обусловлено высоким уровнем полиморфизма микросателлитных локусов. Для картофеля разработаны сотни SSR маркеров (например, Kawchuk et al., 1996; Milbourne et al., 1998; Feingold et al., 2005; Ghislain et al., 2004, 2009 и др.), которые успешно применяют в сортовой идентификации. Генотипирование сортов, выведенных в Ленинградском НИИСХ «Белогорка», проводили ранее с привлечением разных наборов SSR маркеров. Так, с использованием первого поколения SSR маркеров, был изучен полиморфизм микросателлитных локусов семи белогорских сортов (Antonova et al., 2004). С другим набором маркеров были генотипированы три белогорских сорта из коллекции ВНИИКХ им. А.Г. Лорха (Ryzhova et al., 2010). С привлечением SSR маркеров из набора PGI (potato genetic identification kit, Ghislain et al., 2009) был исследован полиморфизм микросателлитных локусов в больших выборках отечественных сортов, включавших и белогорские сорта из полевой коллекции ВИР – шесть сортов в работе Н.А. Швачко (Shvachko, 2012), и еще 10 белогорских сортов в работе О.Ю. Антоновой с соавторами (Antonova et al., 2016).

Ценная информация о генетическом разнообразии 39 белогорских сортов и селекционных клонов получена в молекулярном скрининге, выполненном с использованием 22 SCAR- и CAPS- маркеров, ассоциированных с 13 *R*-генами устойчивости к вредным организмам (Gavrilenko et al., 2018). Основная часть образцов сорта для этого исследования была получена из коллекции ВИР.

Важным аспектом в сохранении отечественного генофонда сортов является его правильное документирование. В соответствии с Международным кодексом номенклатуры культурных растений (МКНКР) (Brickell et al., 2016) номенклатурный стандарт сорта, с которым на постоянной основе соотносится его название, оформляется в виде гербарного листа. Такой гербарный лист регистрируют, хранят в научном гербарии и в дальнейшем используют для документации сорта как селекционного достижения. В 2018 году по инициативе ВИР в сотрудничестве с селекционерами Ленинградского НИИСХ «Белогорка» началось оформление номенклатурных стандартов сортов картофеля, выведенных селекционерами этого института. Логичным продолжением начатых в ВИР работ по SSR генотипированию и молекулярному скринингу белогорских сортов стала разработка их генетических паспортов с использованием ДНК, выделенной из растительного материала, переданного авторами сортов в гербарий ВИР для оформления номенклатурных стандартов.

В настоящей работе публикуются номенклатурные стандарты сортов картофеля, созданных в Ленинградском НИИСХ «Белогорка» и в селекционной фирме «ЛиГа», а также дана информация о ваучерных образцах предсортов и селекционных клонов. Создание номенклатурных стандартов проведено в соответствии с положениями МКНКР (Brickell et al., 2016). В настоящей статье также представлены генетические паспорта 21 белогор-

ского сорта, двух предсортов, находящихся на госсортоиспытании, и трех селекционных клонов. В генетические паспорта включены результаты SSR генотипирования и молекулярного скрининга, полученные с использованием образцов ДНК номенклатурных стандартов.

Материал и Методы

Материалом для оформления номенклатурных стандартов и ваучерных образцов (табл. 1), а также для разработки молекулярно-генетических паспортов, послужили побеги и клубни индивидуальных растений каждого сорта, отобранных лично авторами сортов (к.с.-х.н. Н.М. Гаджиев, к.с.-х.н. З.З. Евдокимова и д.с.-х.н. В.А. Лебедева) на опытном поле Ленинградского НИИСХ «Белогорка» и переданных в гербарную коллекцию ВИР для оформления номенклатурных стандартов и гербарных ваучеров.

Таблица 1. Материал, использованный в настоящей работе

Table 1. Material used in this study

№ п.п./ number	Название сорта/ cultivar name	Год включения в Госреестр/ year of State Registration	Статус в гербарии/ herbarium category	Номер гербарного образца «WIR-»/ herbarium specimen number «WIR-»	*Интродукционный № ВИР «и-»/ «i-» *introduction number at VIR
Сорта/ Cultivars					
1	‘Вдохновение’	2006	Номенклатурный стандарт	53861	o161645
2	‘Весна белая’	1994	Номенклатурный стандарт	53862	o161646
3	‘Гусар’	2017	Номенклатурный стандарт	53863	o161647
4	‘Даная’	2011	Номенклатурный стандарт	53864	o161648
5	‘Евразия’	2017	Номенклатурный стандарт	53865	o161649
6	‘Лига’	2007	Номенклатурный стандарт	53867	o161651
7	‘Ломоносовский’	2011	Номенклатурный стандарт	53868	o161652
8	‘Майский цветок’	2016	Номенклатурный стандарт	53869	o161653
9	‘Наяда’	2004	Номенклатурный стандарт	53870	o161654
10	‘Невский’	1982	Номенклатурный стандарт	53871	o161655
11	‘Очарование’	2009	Номенклатурный стандарт	53872	o161656
12	‘Памяти Осиповой’	2005	Номенклатурный стандарт	53873	o161657
13	‘Русская красавица’	2011	Номенклатурный стандарт	53875	o161659
14	‘Сиверский’	2020 (в реестре Охраняемых …)	Номенклатурный стандарт	53879	o161660
15	‘Сиреневый туман’	2011	Номенклатурный стандарт	53876	o161661
16	‘Сказка’	2004	Номенклатурный стандарт	53877	o161662
17	‘Снегирь’	2001	Номенклатурный стандарт	53878	o161663
18	‘Сударыня’	2009	Номенклатурный стандарт	53880	o161664
19	‘Холмогорский’	2005	Номенклатурный стандарт	53881	o161665
20	‘Чародей’	2000	Номенклатурный стандарт	53882	o161666
21	‘Чароит’	2014	Номенклатурный стандарт	53883	o161667
Селекционные клоны/ Breeding clones					
22	‘Алый парус’	2011**	Ваучерный образец	53860	o161644
23	‘Жемчужина’	2006**	Ваучерный образец	53866	o161650
24	1604/16	2004**	Ваучерный образец	53884	o161668
Предсорта/ Precultivars					
25	‘Калибр’	в Госсорто-испытании	Ваучерный образец	53979	–
26	‘Сердолик‘	-/-	Ваучерный образец	53980	–

*Интродукционные номера присвоены живым образцам, клоны которых в настоящее время сохраняются в *in vitro* коллекции ВИР. Для введения в *in vitro* культуру этих образцов использовали пазушные почки или меристемы световых ростков клубней/побегов, извлеченные из растительного материала, переданного авторами сортов в гербарий ВИР.
**Год создания селекционных клонов указан их авторами.
*Introduction numbers assigned to living specimens whose clones are currently preserved in the VIR *in vitro* collection. In order to introduce these samples into *in vitro* culture, axillary buds of the shoots or light sprouts of the tubers submitted by the authors of the varieties to the VIR herbarium were used.
**The year of breeding clones creation was specified by their authors.

Растительный материал образцов № 1-24 (см. табл. 1) был передан в гербарий ВИР в виде побегов с соцветиями (20.07.2018) и позднее (13-14.09.2018) – в виде клубней (один побег и позднее – три клубня от одного растения каждого сорта). В 2019 году также в два этапа были переданы побеги и клубни двух предсортов – ‘Калибр’ и ‘Сердолик’. Побеги и клубни передавали в ВИР вместе с официальными документами каждого сорта: «Авторское свидетельство», «Анкета сорта – Форма N 378», «Описание селекционного достижения», «Патент» (если был оформлен) и Акты передачи растительного материала.

Регистрация морфологических признаков переданного растительного материала, оформление номенклатурных стандартов. Сбор растительного материала, его передача в гербарий ВИР и подготовка к оформлению номенклатурных стандартов сортов картофеля проводили согласно протоколу, разработанному в ВИР (Gavrilenko, Chukhina – статья в этом же выпуске). Гербаризацию побегов, цветков и клубневого материала проводили в соответствии с методическими указаниям «Гербаризация культурных растений» (Belozor, 1989). Перед гербаризацией переданный растительный материал фотографировали и проводили описание морфологических признаков цветка, соцветия, клубня; позднее проводили фотосъемку признаков светового ростка клубня. Полученные результаты сопоставляли с признаками сорта, указанными в официальных документах («Анкета сорта – Форма N 378» и «Описание селекционного достижения»). Кроме того, были документированы дополнительные морфологические признаки, не указанные в этих документах: положение сочленения на цветоножке, тип окраски внутренней и внешней сторон венчика (Bukasov et al., 1977; Huaman et al., 1977), форма венчиков (Hawkes, 1990). Окраску венчика отмечали в соответствии с цветовой палитрой RHS Colour Chart Edition V Fan 2. На гербарном листе размещали также фото клубней, соцветий и цветков. Номер образца в гербарии ВИР имеет префикс «WIR-», интродукционный номер – префикс «и-», в полевой коллекции ВИР – префикс «k-».

Выделение ДНК проводили с использованием модифицированного метода CTAB-экстракции (Gavrilenko et al., 2013; Antonova et al., в этом выпуске) из растительного материала, переданного авторами сортов в гербарий ВИР для оформления номенклатурных стандартов.

SSR анализ. Полиморфизм 10 ядерных хромосомспецифичных микросателлитных локусов изучали с использованием десяти пар праймеров, отобранных по литературным источникам: STM2005 (Milbourne et al., 1998), StI046 (Feingold et al., 2005) и восьми пар праймеров (STG0016, StI001, StI004, StI014, StI032, StI033, STM5114, STM0037) из набора PGI (potato genetic identification kit) (Ghislain et al., 2009). Условия проведения ПЦР соответствовали рекомендациям разработчиков для четырех пар праймеров: StI001, StI004, StI014, StI032. В случае остальных маркеров программы были дополнены функцией TOUCHDOWN для большей специфичности амплификации (см. детальный протокол в статье Antonova et al., в этом же выпуске). Электрофорез проводили в 8% денатурирующем полиакриламидном геле на приборе Li-Cor 4300S DNA Analyzer с лазерной детекцией фрагментов. В качестве маркеров молекулярного веса использовали маркеры с флуоресцентной меткой фирмы Li-Cor «50-350 bp» (https://www.licor.com).

Информация о микросателлитных профилях номенклатурных стандартов позволила верифицировать подлинность 40 образцов белогорских сортов, полученных в разные годы из различных источников: из полевой коллекции ВИР, из Банка здоровых сортов картофеля (БЗСК) ВНИИКХ; из эколого-географических испытаний разных лет, которые проводились по Комплексному Плану Научных Исследований (далее КПНИ_ЭГИ) на опытных полях ВИР и ВНИИКХ им. А.Г. Лорха, в рамках подпрограммы «Развитие селекции и семеноводства картофеля в Российской Федерации». Эти 40 образцов, включенные в SSR анализ, были представлены хранящимися в отделе биотехнологии ВИР препаратами ДНК, выделенными из: а) 13 образцов полевой коллекции ВИР, полученных в 2016 – 2017 гг. (‘Алый парус’, k-24701; ‘Вдохновение’, k-12192; ‘Весна белая’, k-11895; ‘Наяда’, k-12157; ‘Невский’, k-10736; ‘Памяти Осиповой’, k-12105; ‘Русская красавица’, k-25142; ‘Сиреневый туман’, k-25143; ‘Сказка’, k-11987; ‘Снегирь’, k-11984; ‘Холмогорский’, k-12111; ‘Чародей’, k-11908; ‘Чароит’, k-25221); б) 12 образцов из двух выборок КПНИ, проходивших эколого-географические испытания (ЭГИ) на опытном поле НПБ «Пушкинские и Павловские лаборатории ВИР», Пушкин, Санкт-Петербург в 2016 и 2017 годах: КПНИ_ЭГИ-2016_ВИР (семь образцов: ‘Гусар’, ‘Евразия’, ‘Ломоносовский’, ‘Невский’, ‘Сударыня’, ‘Чароит’, 1604/16) и КПНИ_ЭГИ-2017_ВИР (пять образцов: ‘Гусар’, ‘Ломоносовский’, ‘Невский’, ‘Сударыня’, ‘Чароит’); в) шести образцов двух выборок КПНИ, выращенных на опытном поле ВНИИКХ в 2018 и 2019 годах: КПНИ_ЭГИ-2018_ВНИИКХ (пять образцов: ‘Гусар’, ‘Ломоносов-

ский’, ‘Невский’, ‘Сударыня’, ‘Чароит’) и КПНИ_ЭГИ-2019_ВНИИКХ (образец ‘Сударыня’);
г) одного *in vitro* образца сорта ‘Невский’, переданного в 2016 году в ВИР из БЗСК;
д) дополнительными 8 препаратами ДНК восьми образцов (‘Гусар’, ‘Калибр’, ‘Ломоносовский’, ‘Невский’, ‘Сердолик’, ‘Сиверский’, ‘Сударыня’, ‘Чароит’) из выборок КПНИ_ЭГИ-2018_ВНИИКХ и КПНИ_ЭГИ-2019_ВНИИКХ, полученными из ФИЦ «Фундаментальные основы биотехнологии» РАН.

Ряд образцов был представлен несколькими независимо выделенными препаратами ДНК.

Молекулярный скрининг проводили в целях детекции 12 ДНК-маркеров 11 *R*-генов устойчивости к вредным организмам (табл. 2). Типы цитоплазм у отдельных образцов определяли с помощью набора праймеров, предложенного К. Хосака, Р. Санетомо (Hosaka, Sanetomo, 2012).

Таблица 2. Маркеры генов устойчивости к различным вредным организмам, использованные в настоящей работе

Table 2. Markers used in this study of the genes conferring resistance to the following harmful organisms:

Ген/ gene	Хромосома/ chromosome	Маркер/ marker	Размер диагностического фрагмента (пн)/ diagnostic fragment size (bp)	Ссылка на разработчиков праймеров/ primer reference	Использованные в настоящей работе положительные контроли (ссылка)/ positive control used in this study (reference)
Вирус Y картофеля					
Ry_{sto}	XII	YES3-3A	341	Song, Schwarzfischer, 2008	сеянец *S. stoloniferum*, PI 205522 (Levy et al., 2017; Antonova et al., 2018)
Ry_{adg}	XI	RYSC3	321	Kasai et al., 2000	‘Эффект‘ (Gavrilenko et al., 2009; Biryukova et al., 2015)
Ry_{chc}	IX	Ry364	298	Takeuchi et al., 2009; Mori et al., 2012	‘Saikai 35’ (Mori et al., 2012)
Вирус X картофеля					
Rx1	XII	5Rx1	186	Ahmadvand et al.,2013	‘Santé’(Ahmadvand et al., 2013)
Rx2	V	106Rx2	543	Ahmadvand et al., 2013	‘White Lady’ (Ahmadvand et al., 2013)
***Phytophthora infestans* Mont. de Bary**					
Rpi-blb1	VIII	BLB1F/R	821	Wang et al., 2008	сеянец *S. stoloniferum*, PI 205522 (Levy et al., 2017; Antonova et al., 2018)
Rpi-sto1	VIII	Rpi-sto1	890	Zhu et al., 2012	сеянец *S. stoloniferum*, PI 205522 (Levy et al., 2017; Antonova et al., 2018)
R1	V	R1	1400	Ballvora et al., 2002; Mori et al., 2011	‘Колобок’ (Beketova, Khavkin, 2006)
***Globodera pallida* (Stone) Behrens (Pa 2,3)**					
Gpa2	XII	Gpa2-2	452	Asano et al., 2012	‘Atlantic’ (Asano et al., 2012), ‘Живица’ (Makhan'ko et al., 2014)
***Globodera rostochiensis* (Wollenweber) Behrens (Ro 1)**					
Gro1-4	VII	Gro1-4-1	602	Asano et al., 2012	‘Самба’ (Klimenko et al., 2017)
H1	V	57R	452	Schultz et al., 2012	‘White Lady’ (Schultz, et al., 2012)
	V	N195	337	Takeuchi et al., 2008; Mori et al., 2011	‘Saikai 35’ (Mori et al., 2011)

ПЦР проводили в 20 мкл реакционной смеси, содержащей 10 нг геномной ДНК, 1× реакционный буфер («Диалат», Москва), 2,5 мМ $MgCl_2$, по 0,4 мМ каждого из dNTPs, по 0,5 мкМ прямого и обратного праймеров и 1 ед. BioTaq-ДНК-полимеразы («Диалат», Москва).

Условия проведения ПЦР с праймерами RYSC3, 5Rx1, 106Rx2, BLB1F/R, Rpi-sto1, R1, Gpa2-2 соответствовали рекомендациям их разработчиков (см. табл. 2). Для пяти

маркеров, участвовавших в молекулярном скрининге, программы для ПЦР были модифицированы нами путем введения функции TOUCHDOWN:

– для маркеров YES3-3A, N195 и Ry364 – 94°C 3 мин. 30 сек., 5 циклов [94°C 45 сек., 60°C 1 мин., с понижением температуры отжига на 1°C за цикл, 72°C 1 мин.], 35 циклов [94°C 40 сек., 55°C 40 сек., 72°C 1 мин.] и в заключение 72°C 10 минут;

– для маркеров 57R и Gro1-4-1 – 94°C 3 мин. 30 сек., 5 циклов [94°C 45 сек., 65°C 1 мин., с понижением температуры отжига на 1°C за цикл, 72°C 1 мин.], 35 циклов [94°C 45 сек., 60°C 45 сек., 72°C 45 сек.] и в заключение 72°C 10 минут.

Все реакции при работе с маркерами SCAR осуществляли не менее чем в трех повторностях. Для CAPS маркеров использовали фермент BamHI фирмы «СибЭнзим»; рестрикцию проводили в течение ночи согласно протоколам фирмы-изготовителя. Продукты ПЦР разделяли электрофорезом в 2% агарозном геле в буфере TBE с последующей окраской бромистым этидием и визуализацией в УФ-свете.

Оформление генетических паспортов. В генетические паспорта внесены результаты SSR генотипирования и молекулярного скрининга, полученные в настоящей работе с использованием образцов ДНК номенклатурных стандартов и гербарных ваучеров. Кроме того, генетические паспорта содержат информацию о названии сорта, об учреждении, где был создан сорт (приведено название института, актуальное на дату выдачи официальных документов); о годе внесения сорта в Госреестр; «Коде сорта в Госреестре»; номере патента (у сортов, для которых оформлен патент); об авторах сорта и методе выведения, полученную из официальных документов: «Авторских свидетельств», «Анкет сортов», «Описаний селекционных достижений», патентов, а также «Государственного реестра селекционных достижений, допущенных к использованию» (2020) (https://gossortrf.ru/gosreestr/) (далее – Госреестр).

В генетические паспорта 20 из 26 образцов включена информация о фитопатологической устойчивости сортов к золотистой картофельной нематоде (ЗКН) *G. rostochiensis* (патотип Ro 1) из Госреестра, для трех образцов (‘Сиверский’, ‘Калибр’, ‘Сердолик’) эта информация пока отсутствует. Для селекционных клонов ‘Алый парус’, ‘Жемчужина’ и 1604/16 данные о фитопатологической устойчивости к ЗКН предоставлены их авторами.

Результаты

1. Изучение морфологических признаков сортов селекции Ленинградского НИИСХ «Белогорка» и ООО Селекционной фирмы «ЛиГа»

При передаче в гербарий ВИР растительного материала в июле 2018 года, соцветия имели побеги 17 из 21 сортов; у четырех сортов цветков уже не было, а у сорта ‘Памяти Осиповой’ к этому времени завязались ягоды (табл. 3-23). Клубни от того же самого растения были переданы авторами сортов в гербарий ВИР позднее – в сентябре 2018 года. В гербаризации участвовал только один из трех клубней каждого сорта. Оставшиеся клубни в феврале 2019 года формировали световые ростки, морфологические признаки которых также регистрировали (см. табл. 3-23, приложение 1a-1c/Supplement 1a-1c[1]). В дальнейшем эти клубни были высажены на опытном поле НПБ «Пушкинские и Павловские лаборатории ВИР», Пушкин, Санкт-Петербург. В следующих клубневых репродукциях для всех сортов была проведена регистрация дополнительных морфологических признаков.

В результате тщательного анализа морфологических признаков переданного в гербарий ВИР растительного материала подтверждено их соответствие характеристикам, указанным в официальных документах каждого сорта – в «Анкете сорта» и в «Описании селекционного достижения». Несоответствия описаниям были выявлены для единичных признаков у двух сортов. Так, выраженность признака «антоциановая окраска цветоножки» в «Описании селекционного достижения» сорта ‘Даная’ указана «от слабой до средней», а у сорта ‘Снегирь’ – как «отсутствующая или очень слабая». Наши же описания признака окраски сочленения цветоножки этих двух сортов показывают, напротив, отсутствие антоциановой окраски на сочленении у сорта ‘Даная’, и очень сильную пигментацию у сорта ‘Снегирь’. Полагаем, что эти несовпадения связаны с неопределенностью описания данного признака в методике RTG/0023/2, из которой не ясно, относится ли «антоциановая окраска цветоножки» к пигментации всей цветоножки, или к ее отдельным частям – ниже или выше сочленения, или к проявлению антоциановой окраски на самом сочленении. В описаниях морфологических признаков растений картофеля С.М. Букасова с соавторами (Bukasov et al., 1977) используется признак «антоциановая окраска сочленения». В каталогах сортов картофеля, выпущенных ВНИИКХ им. А.Г. Лорха, в списке сортоотличительных морфологических признаков фигурирует признак «наличие кольца пигмента на цветоножке», наряду с признаком «наличие антоциановой окраски цветоножки» (Simakov et al., 2005; 2007; 2008; 2009; 2010; Anisimov et al., 2013; Simakov et al., 2018).

У 14 сортов из 21 изученного, венчики были окрашены. В «Анкете сорта» и в «Описании селекционного достижения» окраска венчика оценивается по нескольким характеристикам: «интенсивность антоциановой окраски внутренней стороны венчика», «доля синевы в антоциановой окраске внутренней стороны венчика», «размер антоциановой окраски внутренней стороны венчика» и в отдельных случаях – «окраска внутренней части околоцветника». Признак окраски венчика в настоящей работе дополняли данными цветовой шкалы Королев-

1 Supplements 1a-1e, 2a-b, 3, 4a-b are available in the online version of the paper: https://doi.org/10.30901/2658-6266-2020-3-o3

ского Общества Садоводов Великобритании (RHS Colour Chart), в соответствии с которой изученные сорта и клоны можно разделить на четыре группы, в каждой из которых отмечены градации по интенсивности окраски:
а) пурпурной = purple group: 76A (‘Наяда’), 76B (‘Весна белая’, ‘Сказка’, селекционный клон 1604/16), 76D (‘Холмогорский’);
б) пурпурно-фиолетовой = purple-violet group: 80C (‘Алый парус’);
в) фиолетовой = violet group: 85A (‘Даная’, ‘Сиреневый туман’, ‘Сиверский’, ‘Жемчужина’), 85C (‘Евразия’), 87B, 87C (‘Русская красавица’);
г) фиолетово-голубой = violet-blue group: 92C (‘Снегирь’), 92D (‘Майский цветок’, ‘Памяти Осиповой’) (см. табл. 4, 6, 7, 10, 11, 14-19, 21 и приложение 1a-1c/ Supplement 1a-1c). Наблюдения за этим признаком, сделанные в течение ряда лет, показали, что принадлежность к определенной группе цветовой гаммы остается более стабильной, тогда как интенсивность окраски может немного варьировать в зависимости от условий года.

Оставшиеся семь сортов (‘Вдохновение’, ‘Гусар’, ‘Ломоносовский’, ‘Невский’, ‘Очарование’, ‘Сударыня’ и ‘Чародей’) по нашим наблюдениям имели неокрашенные венчики (см. табл. 3, 5, 9, 12, 20, 22). В официальных документах сортов ‘Вдохновение’, ‘Очарование’ и ‘Чародей’ четко отмечен белый цвет венчика. Для трех сортов ‘Гусар’, ‘Ломоносовский’ и ‘Сударыня’ в документах отмечена «отсутствующая или очень слабая интенсивность антоциановой окраски внутренней стороны венчика» и «отсутствующая или очень маленькая доля синевы в антоциановой окраске внутренней стороны венчика».

По результатам изучения в 2018–2020 годах дополнительных морфологических признаков стабильным проявлением характеризуются признаки: тип окраски внутренней и наружной сторон венчика, форма венчика и положение сочленения цветоножки. Отметим, что только для трех сортов (‘Наяда’, ‘Сказка’, ‘Снегирь’) в «Описании селекционного достижения» отмечен признак «размер белой верхушки в окрашенном цветке». При детальном изучении было выявлено несколько типов окраски венчика. Так, например, признак «тип окраски **внутренней** стороны венчика» у сортов изученной выборки был представлен следующими вариантами:
а) венчики с белыми остроконечиями (‘Даная’, ‘Майский цветок’, ‘Наяда’, ‘Памяти Осиповой’, ‘Сиреневый туман’, ‘Сказка’, ‘Снегирь’, ‘Холмогорский’, ‘Алый парус’, ‘Жемчужина’, 1604/16) (см. табл. 6, 10, 11, 14, 17-19, 21 и приложение 1a-1c/ Supplement 1a-1c);
б) венчики с белыми пятнами у сорта ‘Евразия’ (см. табл. 7);
в) сплошь окрашенный венчик у сорта ‘Сиверский’ (см. табл. 16).

У сортов и селекционных клонов изученной выборки отмечены два варианта признака «тип окраски **наружной** стороны венчика»:
а) венчики с белыми остроконечиями (‘Даная’, ‘Майский цветок’, ‘Наяда’, ‘Русская красавица’, ‘Сиверский’, ‘Сиреневый туман’, ‘Сказка’, ‘Холмогорский’, ‘Алый парус’, ‘Жемчужина’, 1604/16 (см. табл. 6, 10, 11, 15-18, 21, и приложение 1a-1c/ Supplement 1a-1c);
б) венчики с белыми лучами (‘Евразия’, ‘Памяти Осиповой’ (см. табл. 7, 14).

Как указано выше, признак «форма венчика» определяли на расправленных высушенных цветках, взятых от растений клубневой репродукции клона, переданного авторами для оформления номенклатурного стандарта. Изученные сорта имели следующую форму венчика:
а) колесовидную (rotate) (‘Даная’, ‘Ломоносовский’, ‘Майский цветок’, ‘Наяда’, ‘Невский’, ‘Памяти Осиповой’, ‘Русская красавица’, ‘Сиверский’, ‘Сиреневый туман’, ‘Сударыня’, ‘Алый парус’ и клон 1604/16);
б) промежуточную, значения индексов находятся между показателями, характерными для колесовидной и пентагональной форм венчиков (сорт ‘Гусар’ и селекционный клон ‘Жемчужина’);
в) «ясно колесовидная» (very rotate) (‘Сказка’ и ‘Чародей’).

Признак «форма венчика» указан не для всех сортов, поскольку у проанализированных растений сортов ‘Вдохновение’, ‘Весна белая’, ‘Евразия’, ‘Лига’, ‘Очарование’, ‘Снегирь’, ‘Холмогорский’ и ‘Чароит’ нам не удалось качественно высушить собранные цветки.

У 17 сортов из 21, а также у трех селекционных клонов отмечено характерное для *S. tuberosum* положение сочленения – в верхней трети цветоножки. Исключение составили ‘Майский цветок’ и ‘Сказка’, у которых сочленение расположено в верхней четверти цветоножки, и сорта ‘Наяда’ и ‘Снегирь’, у которых сочленение расположено в середине цветоножки (см. табл. 11, 19).

Для двух сортов изученной выборки отмечены относительно редко встречающиеся признаки. Так, для цветков сорта ‘Ломоносовский’ характерна махровость венчиков (приложение 2a/ Supplement 2a). Растения сорта ‘Лига’ отличает выраженная плющелистность конечной доли листовой пластинки (приложение 2b/ Supplement 2b).

2. Номенклатурные стандарты сортов картофеля и ваучерные образцы, созданные селекционерами Ленинградского НИИСХ «Белогорка»

Solanum tuberosum L., сорт ‘Вдохновение’ (‘Vdohnovenie’)* **Nomenclatural standard** designated here: «Происхождение: ООО Селекционная фирма «ЛиГа», ГУ Институт общей генетики им. Н.И. Вавилова. Репродукция: Ленинградская область, опытное поле Ленинградского НИИСХ «Белогорка». Собр.: побег 20.07.2018 Гаджиев Н.М., Чухина И.Г.; клубень 13.09.2018 Гаджиев Н.М. Опр.: побег 20.07.2018 Гаджиев Н.М.; клубень 13.09.2018 Гаджиев Н.М. и – o161645; **WIR-53861**» (см. табл. 3).
Примечание. На гербарном листе номенклатурного стандарта

представлены фото клубня, сделанное в сентябре 2018 г.; фото соцветия и цветка – в июле 2018 г.; фото светового ростка клубня. На втором гербарном листе монтирован конверт, с вложенным в него высушенным цветком.

*Транслитерация названий сортов здесь и далее дана в соответствии с рекомендацией 33А МКНКР (Brickell et al., 2016).

Solanum tuberosum L., сорт ‘Весна белая’ (‘Vesna belaâ’)
Nomenclatural standard designated here: «Происхождение: Институт общей генетики им. Н.И. Вавилова, Северо-Западное НПО по селекции и растениеводству «Белогорка». Репродукция: Ленинградская область, опытное поле Ленинградского НИИСХ «Белогорка». Собр.: побег 20.07.2018 Гаджиев Н.М., Чухина И.Г.; клубень 13.09.2018 Гаджиев Н.М. Опр.: побег 20.07.2018 Гаджиев Н.М.; клубень 13.09.2018 Гаджиев Н.М. и – o161646; **WIR-53862**» (см. табл. 4).
Примечание. На гербарном листе номенклатурного стандарта представлено фото клубня, сделанное в сентябре 2018 г. На втором гербарном листе приклеены фото цветка, сделанное в июле 2020 г., и конверт, с вложенным в него высушенным в июле 2020 г. цветком – материал взят от растений второй клубневой репродукции на опытном поле Пушкинских лабораторий ВИР.

Solanum tuberosum L., сорт ‘Гусар’ (‘Gusar’)
Nomenclatural standard designated here: «Происхождение: ООО Селекционная фирма «ЛиГа». Репродукция: Ленинградская область, опытное поле Ленинградского НИИСХ «Белогорка». Собр.: побег 20.07.2018 Гаджиев Н.М., Чухина И.Г.; клубень 13.09.2018 Гаджиев Н.М. Опр.: побег 20.07.2018 Гаджиев Н.М.; клубень 13.09.2018 Гаджиев Н.М. и – o161647; **WIR-53863**» (см. табл. 5).
Примечание. На гербарном листе номенклатурного стандарта представлены фото клубня, сделанное в сентябре 2018 г.; фото соцветий – в июле 2019 г.; конверт, с вложенными в него высушенными в июле 2019 г. цветками, и фото одного из них; фото световых ростков клубня. На дополнительном листе представлены фото соцветий, сделанные в июле 2020 г.

Solanum tuberosum L., сорт ‘Даная’ (‘Danaâ’)
Nomenclatural standard designated here: «Происхождение: ГНУ Ленинградский НИИСХ «Белогорка» РАСХН. Репродукция: Ленинградская область, опытное поле Ленинградского НИИСХ «Белогорка». Собр.: побег 20.07.2018 Гаджиев Н.М., Чухина И.Г.; клубень 13.09.2018 Гаджиев Н.М. Опр.: побег 20.07.2018 Гаджиев Н.М.; клубень 13.09.2018 Гаджиев Н.М. и – o161648; **WIR-53864**» (см. табл. 6).
Примечание. На гербарном листе номенклатурного стандарта представлены фото клубня, сделанное в сентябре 2018 г.; фото цветков – в июле 2019 г.; конверт, с вложенными в него высушенными в июле 2019 г. цветками, и их фото; фото светового ростка клубня.

Solanum tuberosum L., сорт ‘Евразия’ (‘Evraziâ’)
Nomenclatural standard designated here: «Происхождение: ФГБНУ Ленинградский научно-исследовательский институт сельского хозяйства «Белогорка». Репродукция: Ленинградская область, опытное поле Ленинградского НИИСХ «Белогорка». Собр.: побег 20.07.2018 Евдокимова З.З., Чухина И.Г.; клубень 14.09.2018 Евдокимова З.З. Опр.: побег 20.07.2018 Евдокимова З.З.; клубень 14.09.2018 Евдокимова З.З. и – o161649; **WIR-53865**» (см. табл. 7).
Примечание. На гербарном листе номенклатурного стандарта представлены фото клубня, сделанное в сентябре 2018 г.; фото соцветия – в июле 2018 г.; конверт, с вложенным в него высушенным в июле 2019 г. цветком, и его фото; фото светового ростка клубня. На дополнительном листе представлены только фото соцветий и цветка, сделанные в июле 2020 г.

Solanum tuberosum L., сорт ‘Лига’ (‘Liga’)
Nomenclatural standard designated here: «Происхождение: ООО Селекционная фирма «ЛиГа». Репродукция: Ленинградская область, опытное поле Ленинградского НИИСХ «Белогорка». Собр.: побег 20.07.2018 Гаджиев Н.М., Чухина И.Г.; клубень 13.09.2018 Гаджиев Н.М. Опр.: побег 20.07.2018 Гаджиев Н.М.; клубень 13.09.2018 Гаджиев Н.М. и – o161651; **WIR-53867**» (см. табл. 8).
Примечание. На гербарном листе номенклатурного стандарта представлены фото клубня, сделанное в сентябре 2018 г.; фото цветка – в июле 2018 г.; фото светового ростка клубня.

Solanum tuberosum L., сорт ‘Ломоносовский’ (‘Lomonosovskij’)
Nomenclatural standard designated here: «Происхождение: ГНУ Ленинградский НИИСХ «Белогорка» РАСХН. Репродукция: Ленинградская область, опытное поле Ленинградского НИИСХ «Белогорка». Собр.: побег 20.07.2018 Евдокимова З.З., Чухина И.Г.; клубень 14.09.2018 Евдокимова З.З. Опр.: побег 20.07.2018 Евдокимова З.З.; клубень 14.09.2018 Евдокимова З.З. и – o161652; **WIR-53868**» (см. табл. 9).
Примечание. На гербарном листе номенклатурного стандарта представлены фото клубня, сделанное в сентябре 2018 г.; фото цветка – в июле 2018 г.; фото светового ростка клубня. На втором гербарном листе помещены фото соцветия и живого цветка, сделанные в июле 2020 г.; представлены конверт, с вложенными в него высушенными в июле 2020 г. цветками, и фото одного из них.

Solanum tuberosum L., сорт ‘Майский цветок’ (‘Majskij cvetok’)
Nomenclatural standard designated here: «Происхождение: ФГБНУ Ленинградский НИИСХ «Белогорка». Репродукция: Ленинградская область, опытное поле Ленинградского НИИСХ «Белогорка». Собр.: побег 20.07.2018 Гаджиев Н.М., Чухина И.Г.; клубень 13.09.2018 Гаджиев Н.М. Опр.: побег 20.07.2018 Гаджиев Н.М.; клубень 13.09.2018 Гаджиев Н.М. и – o161653; **WIR-53869**» (см. табл. 10).
Примечание. На гербарном листе номенклатурного стандарта

представлены фото клубня, сделанное в сентябре 2018 г.; фото цветков – в июле 2018 г.; фото соцветия – в июле 2019 г.; конверт, с вложенными в него высушенными в июле 2019 г. цветками, и фото одного из них; фото светового ростка клубня.

Solanum tuberosum L., сорт ‘Наяда’ (‘Naâda’)
Nomenclatural standard designated here: «Происхождение: ООО Селекционная фирма «ЛиГа», ГУ Институт общей генетики им. Н.И. Вавилова. Репродукция: Ленинградская область, опытное поле Ленинградского НИИСХ «Белогорка». Собр.: побег 20.07.2018 Гаджиев Н.М., Чухина И.Г.; клубень 13.09.2018 Гаджиев Н.М. Опр.: побег 20.07.2018 Гаджиев Н.М.; клубень 13.09.2018 Гаджиев Н.М. и – o161654; **WIR-53870**» (см. табл. 11).
Примечание. На гербарном листе номенклатурного стандарта также представлены фото клубня, сделанное в сентябре 2018 г.; фото цветка – в июле 2018 г.; фото соцветия – в июле 2019 г.; конверт, с вложенными в него высушенными в июле 2019 г. цветками, и фото одного из них; фото световых ростков клубня. На дополнительном листе представлены только фото соцветий и цветка, сделанные в июле 2020 г.

Solanum tuberosum L., сорт ‘Невский’ (‘Nevskij’)
Nomenclatural standard designated here: «Происхождение: Северо-Западный научно-исследовательский институт сельского хозяйства. Репродукция: Ленинградская область, опытное поле Ленинградского НИИСХ «Белогорка». Собр.: побег 20.07.2018 Евдокимова З.З., Чухина И.Г.; клубень 14.09.2018 Евдокимова З.З. Опр.: побег 20.07.2018 Евдокимова З.З.; клубень 14.09.2018 Евдокимова З.З., Логинова Г.А. и – o161655; **WIR-53871**» (см. табл. 12).
Примечание. На гербарном листе номенклатурного стандарта представлены фото клубня, сделанное в сентябре 2018 г.; фото цветка – в июле 2018 г.; фото клубней от растений первой клубневой репродукции на опытном поле «Пушкинские лаборатории ВИР» – в августе 2019 г.; фото световых ростков клубня. На втором гербарном листе помещено фото соцветия, сделанное в июле 2020 г.; представлены конверт, с вложенными в него высушенными в июле 2020 г. цветками, и фото одного из них.

Solanum tuberosum L., сорт ‘Очарование’ (‘Očarovanie’)
Nomenclatural standard designated here: «Происхождение: ООО Селекционная фирма «ЛиГа», ГНУ Ленинградский НИИСХ РАСХН, ГУ Институт общей генетики им. Н.И. Вавилова. Репродукция: Ленинградская область, опытное поле Ленинградского НИИСХ «Белогорка». Собр.: побег 20.07.2018 Гаджиев Н.М., Чухина И.Г.; клубень 13.09.2018 Гаджиев Н.М. Опр.: побег 20.07.2018 Гаджиев Н.М.; клубень 13.09.2018 Гаджиев Н.М. и – o161656; **WIR-53872**» (см. табл. 13).
Примечание. На гербарном листе номенклатурного стандарта представлены фото клубня, сделанное в сентябре 2018 г.; фото светового ростка клубня. На дополнительном листе представлено только фото цветка, сделанное в июле 2020 г.

Solanum tuberosum L., сорт ‘Памяти Осиповой’ (‘Pamâti Osipovoj’)
Nomenclatural standard designated here: «Происхождение: ГНУ Ленинградский НИИСХ РАСХН, ФГУП «Холмогорская опытная станция животноводства и растениеводства». Репродукция: Ленинградская область, опытное поле Ленинградского НИИСХ «Белогорка». Собр.: побег 20.07.2018 Евдокимова З.З., Чухина И.Г.; клубень 14.09.2018 Евдокимова З.З. Опр.: побег 20.07.2018 Евдокимова З.З.; клубень 14.09.2018 Евдокимова З.З. и – o161657; **WIR-53873**» (см. табл. 14).
Примечание. На гербарном листе номенклатурного стандарта представлены фото клубня, сделанное в сентябре 2018 г.; фото цветка – в июле 2018 г.; фото светового ростка клубня. На втором гербарном листе помещены фото соцветий, сделанные в июле 2020 г.; представлены конверт, с вложенными в него высушенными в июле 2020 г. цветками, и фото одного из них.

Solanum tuberosum L., сорт ‘Русская красавица’ (‘Russkaâ krasavica’)
Nomenclatural standard designated here: «Происхождение: ГНУ Ленинградский НИИСХ «Белогорка» РАСХН. Репродукция: Ленинградская область, опытное поле Ленинградского НИИСХ «Белогорка». Собр.: побег 20.07.2018 Гаджиев Н.М., Чухина И.Г.; клубень 13.09.2018 Гаджиев Н.М. Опр.: побег 20.07.2018 Гаджиев Н.М.; клубень 13.09.2018 Гаджиев Н.М. и – o161659; **WIR-53875**» (см. табл. 15).
Примечание. На гербарном листе номенклатурного стандарта представлены фото клубня, сделанное в сентябре 2018 г.; фото цветка – в июле 2018 г.; фото соцветия – в июле 2019 г.; конверт, с вложенными в него высушенными в июле 2019 г. цветками, и фото одного из них; фото светового ростка клубня.

Solanum tuberosum L., сорт ‘Сиверский’ (‘Siverskij’)
Nomenclatural standard designated here: «Происхождение: ФГБНУ Ленинградский НИИСХ «Белогорка». Репродукция: Ленинградская область, опытное поле Ленинградского НИИСХ «Белогорка». Собр.: побег 20.07.2018 Евдокимова З.З., Чухина И.Г.; клубень 14.09.2018 Евдокимова З.З. Опр.: побег 20.07.2018 Евдокимова З.З.; клубень 14.09.2018 Евдокимова З.З. и – o161660; **WIR-53879**» (см. табл. 16).
Примечание. На гербарном листе номенклатурного стандарта представлены фото клубня, сделанное в сентябре 2018 г.; фото цветка и соцветия – в июле 2018 г.; фото светового ростка клубня. На втором гербарном листе помещены фото цветков, сделанные в июле 2020 г.; представлены конверт, с вложенными в него высушенными в июле 2020 г. цветками, и фото одного из них.

Solanum tuberosum L., сорт ‘Сиреневый туман’ (‘Sirenevyj tuman’)
Nomenclatural standard designated here: «Происхождение: ООО Селекционная фирма «ЛиГа». Репродукция: Ленинградская область, опытное поле Ленинградского НИИСХ «Белогорка». Собр.: побег 20.07.2018 Гаджи-

ев Н.М., Чухина И.Г.; клубень 13.09.2018 Гаджиев Н.М. Опр.: побег 20.07.2018 Гаджиев Н.М.; клубень 13.09.2018 Гаджиев Н.М. и – o161661; **WIR-53876**» (см. табл. 17).

Примечание. На гербарном листе номенклатурного стандарта представлены фото клубня, сделанное в сентябре 2018 г.; фото цветка – в июле 2018 г.; фото соцветия – в июле 2019 г.; фото световых ростков клубня. На втором гербарном листе помещены фото соцветия, сделанные в июле 2020 г.; представлены конверт, с вложенными в него высушенными в июле 2020 г. цветками, и фото одного из них.

Solanum tuberosum L., сорт ‘Сказка’ (‘Skazka’)

Nomenclatural standard designated here: «Происхождение: ГНУ Ленинградский НИИСХ РАСХН, ООО Селекционная фирма «ЛиГа», ГУ Институт общей генетики им. Н.И. Вавилова. Репродукция: Ленинградская область, опытное поле Ленинградского НИИСХ «Белогорка». Собр.: побег 20.07.2018 Гаджиев Н.М., Чухина И.Г.; клубень 13.09.2018 Гаджиев Н.М. Опр.: побег 20.07.2018 Гаджиев Н.М.; клубень 13.09.2018 Гаджиев Н.М. и – o161662; **WIR-53877**» (см. табл. 18).

Примечание. На гербарном листе номенклатурного стандарта представлены фото клубня, сделанное в сентябре 2018 г.; фото соцветий – в июле 2018 г. и в июле 2019 г.; конверт, с вложенными в него высушенными в июле 2019 г. цветками, и фото одного из них; фото светового ростка клубня. На дополнительном листе представлено только фото соцветия, сделанное в июле 2020 г.

Solanum tuberosum L., сорт ‘Снегирь’ (‘Snegir’’)

Nomenclatural standard designated here: «Происхождение: ГНУАП Северо-Западный НИИСХ, Институт общей генетики им. Н.И. Вавилова. Репродукция: Ленинградская область, опытное поле Ленинградского НИИСХ «Белогорка». Собр.: побег 20.07.2018 Гаджиев Н.М., Чухина И.Г.; клубень 13.09.2018 Гаджиев Н.М. Опр.: побег 20.07.2018 Гаджиев Н.М.; клубень 13.09.2018 Гаджиев Н.М. и – o161663; **WIR-53878**» (см. табл. 19).

Примечание. На гербарном листе номенклатурного стандарта представлены фото клубня, сделанное в сентябре 2018 г.; фото соцветия – в июле 2018 г.; фото светового ростка клубня. На втором гербарном листе монтирован конверт, с вложенными в него высушенными в июле 2020 г. цветками.

Solanum tuberosum L., сорт ‘Сударыня’ (‘Sudarynâ’)

Nomenclatural standard designated here: «Происхождение: ГНУ Ленинградский НИИСХ РАСХН. Репродукция: Ленинградская область, опытное поле Ленинградского НИИСХ «Белогорка». Собр.: побег 20.07.2018 Евдокимова З.З., Чухина И.Г.; клубень 14.09.2018 Евдокимова З.З. Опр.: побег 20.07.2018 Евдокимова З.З.; клубень 14.09.2018 Евдокимова З.З. и – o161664; **WIR-53880**» (см. табл. 20).

Примечание. На гербарном листе номенклатурного стандарта представлены фото клубня, сделанное в сентябре 2018 г.; фото соцветия и цветка – в июле 2018 г.; конверт, с вложенными в него высушенными в июле 2019 г. цветками, и фото одного из них; фото клубней – в августе 2019 г., фото светового ростка клубня.

Solanum tuberosum L., сорт ‘Холмогорский’ (‘Holmogorskij’)

Nomenclatural standard designated here: «Происхождение: ГНУ Ленинградский НИИСХ РАСХН, ФГУП «Холмогорская опытная станция животноводства и растениеводства». Репродукция: Ленинградская область, опытное поле Ленинградского НИИСХ «Белогорка». Собр.: побег 20.07.2018 Евдокимова З.З., Чухина И.Г.; клубень 14.09.2018 Евдокимова З.З. Опр.: побег 20.07.2018 Евдокимова З.З.; клубень 14.09.2018 Евдокимова З.З. и – o161665; **WIR-53881**» (см. табл. 21).

Примечание. На гербарном листе номенклатурного стандарта представлены фото клубня, сделанное в сентябре 2018 г.; фото соцветия – в июле 2018 г.; фото светового ростка клубня.

Solanum tuberosum L., сорт ‘Чародей’ (‘Čarodej’)

Nomenclatural standard designated here: «Происхождение: Северо-Западный НИИСХ «Белогорка», Институт общей генетики им. Н.И. Вавилова. Репродукция: Ленинградская область, опытное поле Ленинградского НИИСХ «Белогорка». Собр.: побег 20.07.2018 Гаджиев Н.М., Чухина И.Г.; клубень 13.09.2018 Гаджиев Н.М. Опр.: побег 20.07.2018 Гаджиев Н.М.; клубень 13.09.2018 Гаджиев Н.М. и – o161666; **WIR-53882**» (см. табл. 22).

Примечание. На гербарном листе номенклатурного стандарта представлены фото клубня, сделанное в сентябре 2018 г.; фото цветка – в июле 2018 г.; фото соцветия – в июле 2019 г.; конверт, с вложенными в него высушенными в июле 2019 г. цветками, и фото одного из них; фото светового ростка клубня. На дополнительном листе представлены только фото соцветий, сделанные в июле 2020 г.

Solanum tuberosum L., сорт ‘Чароит’ (‘Čaroit’)

Nomenclatural standard designated here: «Происхождение: ООО Селекционная фирма «ЛиГа», ФГБНУ Ленинградский научно-исследовательский институт сельского хозяйства «Белогорка». Репродукция: Ленинградская область, опытное поле Ленинградского НИИСХ «Белогорка». Собр.: побег 20.07.2018 Гаджиев Н.М., Чухина И.Г.; клубень 13.09.2018 Гаджиев Н.М. Опр.: побег 20.07.2018 Гаджиев Н.М.; клубень 13.09.2018 Гаджиев Н.М. и – o161667; **WIR-53883**» (см. табл. 23).

Примечание. На гербарном листе номенклатурного стандарта представлены фото клубня, сделанное в сентябре 2018 г.; фото цветка – в июле 2018 г.; фото световых ростков клубня.

Solanum tuberosum L., селекционный клон ‘Алый парус’ (‘Alyj parus’)

Voucher specimen designated here**:** «Происхождение: ООО Селекционная фирма «ЛиГа». Репродукция: Ленинградская область, опытное поле Ленинградского НИИСХ «Белогорка». Собр.: побег 20.07.2018 Гаджи-

ев Н.М., Чухина И.Г.; клубень 13.09.2018 Гаджиев Н.М. Опр.: побег 20.07.2018 Гаджиев Н.М.; клубень 13.09.2018 Гаджиев Н.М. и – o161644; **WIR-53860**» (приложение 1a/ Supplement 1a).

Примечание. На гербарном листе ваучерного образца представлены фото клубня, сделанное в сентябре 2018 г.; фото соцветия – в июле 2018 г.; фото соцветия от растения первой клубневой репродукции на опытном поле «Пушкинские лаборатории ВИР» – в июле 2019 г.; конверт, с вложенными в него высушенными в июле 2019 г. цветками, и фото одного из них; фото светового ростка клубня. На дополнительном листе представлены фото цветка, сделанные в июле 2020 г.

Solanum tuberosum L., селекционный клон ‘Жемчужина’ (‘Žemčužina’)

Voucher specimen designated here**:** «Происхождение: ООО Селекционная фирма «ЛиГа», ГНУ ЛенНИИСХ «Белогорка» Россельхозакадемии. Репродукция: Ленинградская область, опытное поле Ленинградского НИИСХ «Белогорка». Собр.: побег 20.07.2018 Гаджиев Н.М., Чухина И.Г.; клубень 13.09.2018 Гаджиев Н.М. Опр.: побег 20.07.2018 Гаджиев Н.М.; клубень 13.09.2018 Гаджиев Н.М. и – o161650; **WIR-53866**» (приложение 1b/ Supplement 1b).

Примечание. На гербарном листе ваучерного образца представлены фото клубня, сделанное в сентябре 2018 г.; фото клубней от растений первой клубневой репродукции на опытном поле «Пушкинские лаборатории ВИР» – в августе 2019 г.; фото светового ростка клубня. На втором гербарном листе помещены фото соцветий, сделанные в июле 2020 г.; монтирован конверт, с вложенными в него высушенными цветками, июль 2020 г., и приклеено фото одного из них.

Solanum tuberosum L., селекционный клон 1604/16

Voucher specimen designated here**:** «Происхождение: ФГБНУ Ленинградский НИИСХ «Белогорка». Репродукция: Ленинградская область, опытное поле Ленинградского НИИСХ «Белогорка». Собр.: побег 20.07.2018 Евдокимова З.З., Чухина И.Г.; клубень 14.09.2018 Евдокимова З.З. Опр.: побег 20.07.2018 Евдокимова З.З.; клубень 14.09.2018 Евдокимова З.З. и – o161668; **WIR-53884**» (приложение 1c/ Supplement 1c).

Примечание. На гербарном листе ваучерного образца представлены фото клубня, сделанное в сентябре 2018 г.; фото цветка – в июле 2018 г.; конверт, с вложенными в него высушенными в июле 2019 г. цветками и фото одного из них; фото соцветия – в июле 2019 г.; фото светового ростка клубня. На втором гербарном листе помещены фото соцветий, сделанные в июле 2020 г., и монтирован конверт, с вложенными в него высушенными в июле 2020 г. цветками.

3. Генетические паспорта

Генетические паспорта разрабатывались только с использованием образцов ДНК, выделенных из тканей растений номенклатурных стандартов и ваучерных образцов.

SSR генотипирование. С использованием 10 пар SSR праймеров исследован полиморфизм 10 хромосомспецифичных микросателлитных локусов и составлены генетические паспорта 26 образцов: 21 сорта (см. табл. 3-23), трех селекционных клонов (приложение 1a-1c/ Supplement 1a-1c) и двух предсортов (приложение 1d,e/ Supplement 1d,e). Генетические паспорта содержат информацию об аллельном составе проанализированных микросателлитных локусов – числе и размере ПЦР-фрагментов. Из 26 участвовавших в SSR анализе образцов, 24 характеризуются индивидуальным, специфичным набором SSR-аллелей проанализированных микросателлитов. Исключение составили два сорта – ‘Сказка’ и ‘Майский цветок’, чьи SSR-спектры ожидаемо совпали, поскольку ‘Майский цветок’ (селекционный номер ЛГ 22/22) является сомаклональным вариантом сорта ‘Сказка’. Среди растений сорта ‘Сказка’, характеризующихся желтой окраской кожуры клубней («Анкета сорта – Форма N 378»), был выявлен клон ЛГ 22/22 с измененной, красной окраской кожуры, который в дальнейшем был зарегистрирован как сорт ‘Майский цветок’.

Информация о родословных белогорских сортов и селекционных клонов приведена в приложении 3/ Supplement 3 настоящей статьи. Сравнение SSR-спектров у близкородственных сортов, имеющих общие родительские формы (например, ‘Евразия’ и ‘Сиверский’; ‘Сиреневый туман’, ‘Снегирь’ и ‘Алый парус’) или у пар - сорт и одна из его родительских форм (‘Гусар’ и ‘Вдохновение’; ‘Сердолик’ и ‘Алый парус’; ‘Чародей’ и ‘Невский’; ‘Даная’ и ‘Наяда’) показало, что во всех случаях используемый набор маркеров четко воспроизводит их индивидуальные SSR профили. Можно заключить, что разработанные генетические паспорта соответствуют критерию отличимости близкородственных сортов.

Молекулярный скрининг. Сорт ‘Сиверский’ и два предсорта ‘Сердолик’ и ‘Калибр’ впервые участвовали в молекулярном скрининге (см. табл. 16, приложение 1 d,e/ Supplement 1 d,e). Образцы других сортов участвовали в молекулярном скрининге ранее – с 22 маркерами 13 *R*-генов устойчивости к болезням и вредителям и с маркерами разных типов цитоплазм (Gavrilenko et al., 2018). Следует отметить, что в этой работе были использованы препараты ДНК, выделенные из образцов полевой коллекции ВИР. Сопоставление результатов скрининга (с 12 ДНК-маркерами 11 *R*-генов устойчивости) и данных молекулярного скрининга одноименных образцов полевой коллекции ВИР, не выявило противоречий.

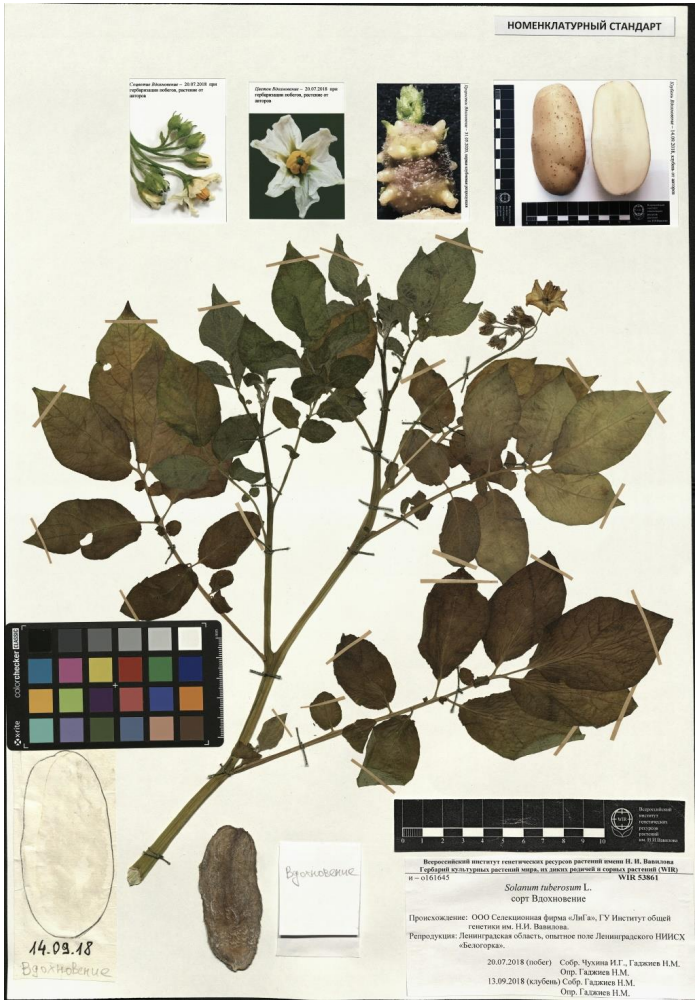
Данные о наличии/отсутствии диагностических фрагментов 12-ти маркеров 11 *R*-генов устойчивости к вредным организмам, полученные в настоящей работе, были размещены в генетических паспортах номенклатурных стандартов и ваучерных образцов (см. табл. 3–23; приложение 1a-1e/ Supplement 1a-1e).

В генетические паспорта также включены данные о фитопатологической устойчивости сортов к золотистой картофельной нематоде (ЗКН) из Госреестра, кото-

рые совпадают с результатами молекулярного скрининга с использованием маркеров гена *H1* (см. табл. 3-15, 17-20, 22, 23). Полученный результат подтвердил установленную для отечественных сортов высокую диагностическую ценность маркеров 57R и N195 гена *H1* (Antonova et al., 2016; Klimenko et al., 2017; Gavrilenko et al., 2018). Исключением является сорт ‘Холмогорский’, у которого эти маркеры были выявлены, но в Госреестре (2020) он охарактеризован как «восприимчивый к ЗКН (Ro1)». В то же время, в каталогах «Сорта картофеля, возделываемые в России» (Simakov et al., 2008, 2009, 2018; Anisimov et al., 2013) для ‘Холмогорского’ приведена следующая характеристика: «слабо поражался золотистой картофельной цистообразующей нематодой», а в каталоге Е.А. Симакова с коллегами (2010) ‘Холмогорский’ отмечен как «устойчивый к картофельной нематоде». Данные о нематодоусточивости сорта ‘Сиверский’ и предсортов ‘Сердолик’, ‘Калибр’, проходящих госсортоиспытание, пока отсутствуют. В то же время, на основе результатов молекулярного скрининга можно прогнозировать устойчивость к ЗКН (патотипу Ro1) для ‘Сердолика’ и ‘Сиверского’ и восприимчивость для ‘Калибра’ (см. табл. 16, приложение 1 d, e/ Supplement 1 d, e).

Сопоставление данных родословных сортов с результатами молекулярного скрининга позволяет определить вероятных доноров генов устойчивости и доноров разных типов цитоплазм. Для ряда белогорских сортов такой анализ был выполнен ранее (Gavrilenko et al., 2018). В настоящей работе в приложении 3 (Supplement 3) суммированы данные о родословных белогорских сортов и данные для нового селекционного материала, созданного в Ленинградском НИИСХ «Белогорка». Так, предсорт ‘Калибр’ унаследовал от родительского сорта ‘Чароит’ маркеры генов *Rx1, Rx2* устойчивости к вирусу PVX, маркер Gpa2-2 гена *Gpa2* устойчивости к бледной картофельной нематоде, а также D-тип цитоплазмы (приложения 1d and 3). Стерильный γ-тип цитоплазмы сорт ‘Сиверский’ получил от гибрида 9517/48, материнской формой которого был польский сорт ‘Grot’. Можно полагать, что предсорт ‘Сердолик’ унаследовал маркеры генов устойчивости к двум видам цистообразующих нематод и к вирусу PVX от отцовской формы ‘Алый парус’, а стерильный γ-тип цитоплазмы – от материнской гибридной формы ЛГ 8.14/22 (приложения 1e и 3/ Supplement 1e and 3). Стерильный тип цитоплазмы, выявленный в настоящей работе у сортов ‘Сиверский’ и ‘Сердолик’, а ранее у белогорских сортов ‘Гусар’, ‘Евразия’, ‘Сударыня’ и у селекционного клона 1604/16 (Gavrilenko et al., 2018), необходимо учитывать в дальнейшей селекционной работе при подборе пар для скрещиваний.

Таблица 3. Номенклатурный стандарт (WIR - 53861) и генетический паспорт сорта картофеля ‘Вдохновение’
Table 3. Nomenclatural standard (WIR - 53861) and genetic passport of potato cultivar ‘Vdohnovenie’



Номенклатурный стандарт / Nomenclatural standard (WIR - 53861)

Генетический паспорт / Genetic passport													
Происхождение	ООО Селекционная фирма «ЛиГа», ГУ Институт общей генетики им. Н.И. Вавилова												
Год внесения в Госреестр	2006												
Код сорта в Госреестре	9610350												
№ патента	–												
Авторы:	Гаджиев Н.М.О., Лебедева В.А.												
Метод выведения – сорт получен путем:	пятивидовой гибрид с участием: dms, sto, vrn, двух форм phu и сортов tbr												
SSR локус:	Размер (п.н.):												
StI032	112; 124												
STM2005	–												
STM5114	286; 289; 295												
StI001	176; 179; 185; 191												
StI046	191; 194; 200; 206												
STG0016	132; 135; 153												
STM0037	80; 82; 88												
StI014	123; 126												
StI004	76												
StI033	113; 125; 134												
Маркеры *R*-генов устойчивости к вредным организмам:													Устойчивость к *G. rostochiensis* (Ro 1) (Госреестр)
Вредный организм:	PVY			PVX		*Phytophthora infestans*			*Globodera pallida* (Pa 2,3)	*Globodera rostochiensis* (Ro 1)			
Ген:	Ry_{sto}	Ry_{adg}	Ry_{chc}	*Rx1*	*Rx2*	*Rpi-sto1*, *Rpi-blb1*		*R1*	*Gpa2*	*Gro1-4*	*H1*		
Маркер есть (+) / нет (0):	YES3-3A	RYSC3	Ry364	5Rx1	106Rx2	Rpi-sto1	BLB1F/R	R1	Gpa2-2	Gro1-4-1	57R	N195	
	0	0	0	0	0	0	0	+	0	0	+	+	R

Таблица 4. Номенклатурный стандарт (WIR - 53862) и генетический паспорт сорта картофеля ‘Весна белая’
Table 4. Nomenclatural standard (WIR - 53862) and genetic passport of potato cultivar ‘Vesna belaâ’

Номенклатурный стандарт / Nomenclatural standard (WIR - 53862)

Генетический паспорт / Genetic passport													
Происхождение	Институт общей генетики им. Н.И. Вавилова, Северо-Западный НПО по селекции и растениеводству «Белогорка»												
Год внесения в Госреестр	1994												
Код сорта в Госреестре	9103848												
№ патента	–												
Авторы:	Лебедева Н.А., Лебедева В.А., Гаджиев Н.М., Брянцева Е.В., Борушко Р.А., Коростелева В.Н.												
Метод выведения – сорт получен путем:	–												
SSR локус:	Размер (п.н.):												
StI032	121; 124; 127												
STM2005	166												
STM5114	286; 295												
StI001	179; 185												
StI046	194; 200; 206												
STG0016	132; 135												
STM0037	72; 74; 88												
StI014	120; 126; 129												
StI004	76												
StI033	113; 131; 134												
Маркеры *R*-генов устойчивости к вредным организмам:													Устойчивость к *G. rostochiensis* (Ro 1) (Госреестр)
Вредный организм:	PVY			PVX		*Phytophthora infestans*			*Globodera pallida* (Pa 2,3)	*Globodera rostochiensis* (Ro 1)			
Ген:	Ry_{sto}	Ry_{adg}	Ry_{chc}	*Rx1*	*Rx2*	*Rpi-sto1*, *Rpi-blb1*		*R1*	*Gpa2*	*Gro1-4*	*H1*		
Маркер есть (+) / нет (0):	YES3-3A	RYSC3	Ry364	5Rx1	106Rx2	Rpi-sto1	BLB1F/R	R1	Gpa2-2	Gro1-4-1	57R	N195	
	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	S

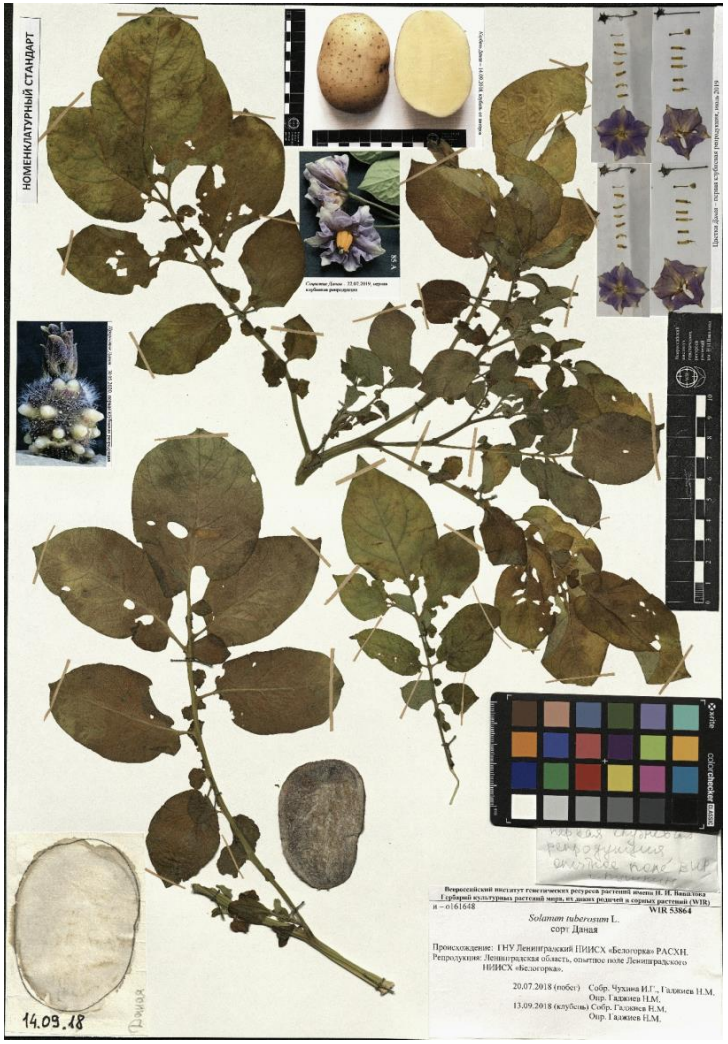
Таблица 5. Номенклатурный стандарт (WIR - 53863) и генетический паспорт сорта картофеля ‘Гусар’
Table 5. Nomenclatural standard (WIR - 53863) and genetic passport of potato cultivar ‘Gusar’

Номенклатурный стандарт / Nomenclatural standard (WIR - 53863)

Генетический паспорт / Genetic passport	
Происхождение	ООО Селекционная фирма «ЛиГа»
Год внесения в Госреестр	2017
Код сорта в Госреестре	8558554
№ патента	9938
Авторы:	Гаджиев Н.М.О., Лебедева В.А., Комаров А.А.
Метод выведения – сорт получен путем:	межвидовой гибридизации, контролируемого скрещивания, получен с участием: dms, sto, vrn, phu, adg, tbr
SSR локус:	Размер (п.н.):
StI032	109; 112; 124
STM2005	166; 190
STM5114	286; 295
StI001	176; 179; 185; 191
StI046	194; 200
STG0016	123; 135; 153
STM0037	78; 80
StI014	120; 123; 129
StI004	76; 94
StI033	113; 131; 134

Маркеры *R*-генов устойчивости к вредным организмам:													
Вредный организм:	PVY			PVX		*Phytophthora infestans*			*Globodera pallida* (Pa 2,3)	*Globodera rostochiensis* (Ro 1)			Устойчивость к *G. rostochiensis* (Ro 1) (Госреестр)
Ген:	Ry_{sto}	Ry_{adg}	Ry_{chc}	*Rx1*	*Rx2*	*Rpi-sto1*, *Rpi-blb1*		*R1*	*Gpa2*	*Gro1-4*	*H1*		
Маркер есть (+) / нет (0):	YES3-3A	RYSC3	Ry364	5Rx1	106Rx2	Rpi-sto1	BLB1F/R	R1	Gpa2-2	Gro1-4-1	57R	N195	
	+	0	0	0	+	0	0	+	0	0	+	+	R

Таблица 6. Номенклатурный стандарт (WIR - 53864) и генетический паспорт сорта картофеля ‘Даная’
Table 6. Nomenclatural standard (WIR - 53864) and genetic passport of potato cultivar ‘Danaâ’



Номенклатурный стандарт / Nomenclatural standard (WIR - 53864)

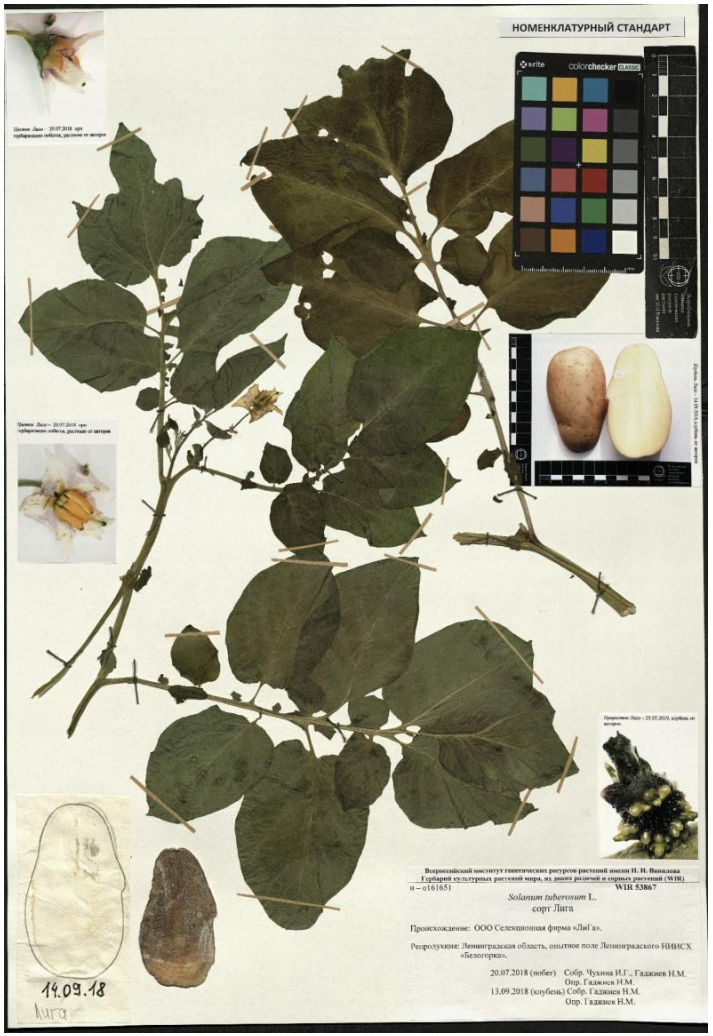
Генетический паспорт / Genetic passport													
Происхождение	ГНУ Ленинградский НИИСХ «Белогорка» РАСХН												
Год внесения в Госреестр	2011												
Код сорта в Госреестре	9154524												
№ патента	6445												
Авторы:	Гаджиев Н.М.О., Лебедева В.А.												
Метод выведения – сорт получен путем:	–												
SSR локус:	Размер (п.н.):												
StI032	–												
STM2005	154												
STM5114	286; 295												
StI001	179; 185												
StI046	188; 191; 194; 197												
STG0016	132; 135; 153												
STM0037	72; 74; 88												
StI014	120; 129												
StI004	76; 100												
StI033	113; 131; 134												
Маркеры *R*-генов устойчивости к вредным организмам:													Устойчивость к *G. rostochiensis* (Ro 1) (Госреестр)
Вредный организм:	PVY			PVX		*Phytophthora infestans*			*Globodera pallida* (Pa 2,3)	*Globodera rostochiensis* (Ro 1)			
Ген:	Ry_{sto}	Ry_{adg}	Ry_{chc}	*Rx1*	*Rx2*	*Rpi-sto1*, *Rpi-blb1*		*R1*	*Gpa2*	*Gro1-4*	*H1*		
Маркер есть (+) / нет (0):	YES3-3A	RYSC3	Ry364	5Rx1	106Rx2	Rpi-sto1	BLB1F/R	R1	Gpa2-2	Gro1-4-1	57R	N195	
	0	0	0	+	0	0	0	+	+	0	+	+	R

Таблица 7. Номенклатурный стандарт (WIR - 53865) и генетический паспорт сорта картофеля ‘Евразия’
Table 7. Nomenclatural standard (WIR - 53865) and genetic passport of potato cultivar ‘Evraziâ’

Номенклатурный стандарт / Nomenclatural standard (WIR - 53865)

Генетический паспорт / Genetic passport													
Происхождение	ФГБНУ Ленинградский научно-исследовательский институт сельского хозяйства «Белогорка»												
Год внесения в Госреестр	2017												
Код сорта в Госреестре	8558463												
№ патента	9110												
Авторы:	Евдокимова З.З., Головина Л.Н., Калашник М.В., Котова З.П., Нелюбина Н.А., Шелабина Т.А.												
Метод выведения – сорт получен путем:	межвидовой гибридизации, с участием: dms, sto, vrn, adg; контролируемого скрещивания 95100/27 x 943/9												
SSR локус:	Размер (п.н.):												
StI032	109; 121; 124												
STM2005	148												
STM5114	286; 289; 295												
StI001	179; 185; 191												
StI046	188; 191; 203												
STG0016	117; 135												
STM0037	72; 78; 88												
StI014	126; 129												
StI004	76; 100												
StI033	113; 125; 131												
Маркеры *R*-генов устойчивости к вредным организмам:													Устойчивость к *G. rostochiensis* (Ro 1) (Госреестр)
Вредный организм:	PVY			PVX		*Phytophthora infestans*			*Globodera pallida* (Pa 2,3)	*Globodera rostochiensis* (Ro 1)			
Ген:	Ry_{sto}	Ry_{adg}	Ry_{chc}	*Rx1*	*Rx2*	*Rpi-sto1*, *Rpi-blb1*		*R1*	*Gpa2*	*Gro1-4*	*H1*		
Маркер есть (+) / нет (0):	YES3-3A	RYSC3	Ry364	5Rx1	106Rx2	Rpi-sto1	BLB1F/R	R1	Gpa2-2	Gro1-4-1	57R	N195	
	0	0	0	0	+	+	+	0	0	0	+	+	R

Таблица 8. Номенклатурный стандарт (WIR - 53867) и генетический паспорт сорта картофеля ‘Лига’
Table 8. Nomenclatural standard (WIR - 53867) and genetic passport of potato cultivar ‘Liga’



Номенклатурный стандарт / Nomenclatural standard (WIR - 53867)

Генетический паспорт / Genetic passport	
Происхождение	ООО Селекционная фирма «ЛиГа»
Год внесения в Госреестр	2007
Код сорта в Госреестре	9553323
№ патента	4082
Авторы:	Гаджиев Н.М.О., Лебедева В.А.
Метод выведения – сорт получен путем:	–
SSR локус:	Размер (п.н.):
StI032	109; 112; 121
STM2005	166
STM5114	286; 295
StI001	179; 185; 191
StI046	179; 191; 194; 203
STG0016	123; 129; 132; 135
STM0037	72; 88
StI014	120; 126; 129
StI004	88; 94; 100
StI033	113; 131

Маркеры *R*-генов устойчивости к вредным организмам:													
Вредный организм:	PVY			PVX		*Phytophthora infestans*			*Globodera pallida* (Pa 2,3)	*Globodera rostochiensis* (Ro 1)			Устойчивость к *G. rostochiensis* (Ro 1) (Госреестр)
Ген:	Ry_{sto}	Ry_{adg}	Ry_{chc}	*Rx1*	*Rx2*	*Rpi-sto1*, *Rpi-blb1*		*R1*	*Gpa2*	*Gro1-4*	*H1*		
Маркер есть (+) / нет (0):	YES3-3A	RYSC3	Ry364	5Rx1	106Rx2	Rpi-sto1	BLB1F/R	R1	Gpa2-2	Gro1-4-1	57R	N195	
	0	0	0	0	0	0	0	+	0	0	+	+	R

Таблица 9. Номенклатурный стандарт (WIR - 53868) и генетический паспорт сорта картофеля ‘Ломоносовский’
Table 9. Nomenclatural standard (WIR - 53868) and genetic passport of potato cultivar ‘Lomonosovskij’

Номенклатурный стандарт / Nomenclatural standard (WIR - 53868)

Генетический паспорт / Genetic passport													
Происхождение	ГНУ Ленинградский НИИСХ «Белогорка» РАСХН												
Год внесения в Госреестр	2011												
Код сорта в Госреестре	9154318												
№ патента	5726												
Авторы:	Евдокимова З.З., Гадаборшев Р.Н., Головина Л.Н., Милеева Е.Б., Шелабина Т.А.												
Метод выведения – сорт получен путем:	сложной межвидовой гибридизации, в происхождении участвовали: dms, sto и adg. Сорт получен путём частично неконтролируемого скрещивания 89287/1 х 8334/20												
SSR локус:	Размер (п.н.):												
StI032	109; 121; 124												
STM2005	154; 166												
STM5114	280; 286												
StI001	179; 185												
StI046	191; 197; 200; 203												
STG0016	135; 153												
STM0037	78; 80; 86												
StI014	120; 129												
StI004	76; 88												
StI033	113; 131; 134												
Маркеры *R*-генов устойчивости к вредным организмам:													Устойчивость к *G. rostochiensis* (Ro 1) (Госреестр)
Вредный организм:	PVY			PVX		*Phytophthora infestans*			*Globodera pallida* (Pa 2,3)	*Globodera rostochiensis* (Ro 1)			
Ген:	Ry_{sto}	Ry_{adg}	Ry_{chc}	*Rx1*	*Rx2*	*Rpi-sto1*, *Rpi-blb1*		*R1*	*Gpa2*	*Gro1-4*	*H1*		
Маркер есть (+) / нет (0):	YES3-3A	RYSC3	Ry364	5Rx1	106Rx2	Rpi-sto1	BLB1F/R	R1	Gpa2-2	Gro1-4-1	57R	N195	
	0	0	0	0	0	0	0	+	0	0	0	0	S

Таблица 10. Номенклатурный стандарт (WIR- 53869) и генетический паспорт сорта картофеля ‘Майский цветок’
Table 10. Nomenclatural standard (WIR - 53869) and genetic passport of potato cultivar ‘Majskij cvetok’

Номенклатурный стандарт / Nomenclatural standard (WIR - 53869)

Генетический паспорт / Genetic passport													
Происхождение	ФГБНУ Ленинградский научно-исследовательский институт сельского хозяйства «Белогорка»												
Год внесения в Госреестр	2016												
Код сорта в Госреестре	8653810												
№ патента	–												
Авторы:	Лебедева В.А., Гаджиев Н.М.О.												
Метод выведения – сорт получен путем:	мутации, сорт-родитель – ‘Сказка’												
SSR локус:	Размер (п.н.):												
StI032	–												
STM2005	154; 166; 190												
STM5114	286; 295												
StI001	179												
StI046	179; 185; 191; 194												
STG0016	135												
STM0037	74; 88												
StI014	123; 126												
StI004	76; 79												
StI033	113; 134												
Маркеры *R*-генов устойчивости к вредным организмам:													Устойчивость к *G. rostochiensis* (Ro 1) (Госреестр)
Вредный организм:	PVY			PVX		*Phytophthora infestans*			*Globodera pallida* (Pa 2,3)	*Globodera rostochiensis* (Ro 1)			
Ген:	Ry_{sto}	Ry_{adg}	Ry_{chc}	*Rx1*	*Rx2*	*Rpi-sto1*, *Rpi-blb1*		*R1*	*Gpa2*	*Gro1-4*	*H1*		
Маркер есть (+) / нет (0):	YES3-3A	RYSC3	Ry364	5Rx1	106Rx2	Rpi-sto1	BLB1F/R	R1	Gpa2-2	Gro1-4-1	57R	N195	
	0	0	0	0	+	0	0	+	0	0	0	0	S

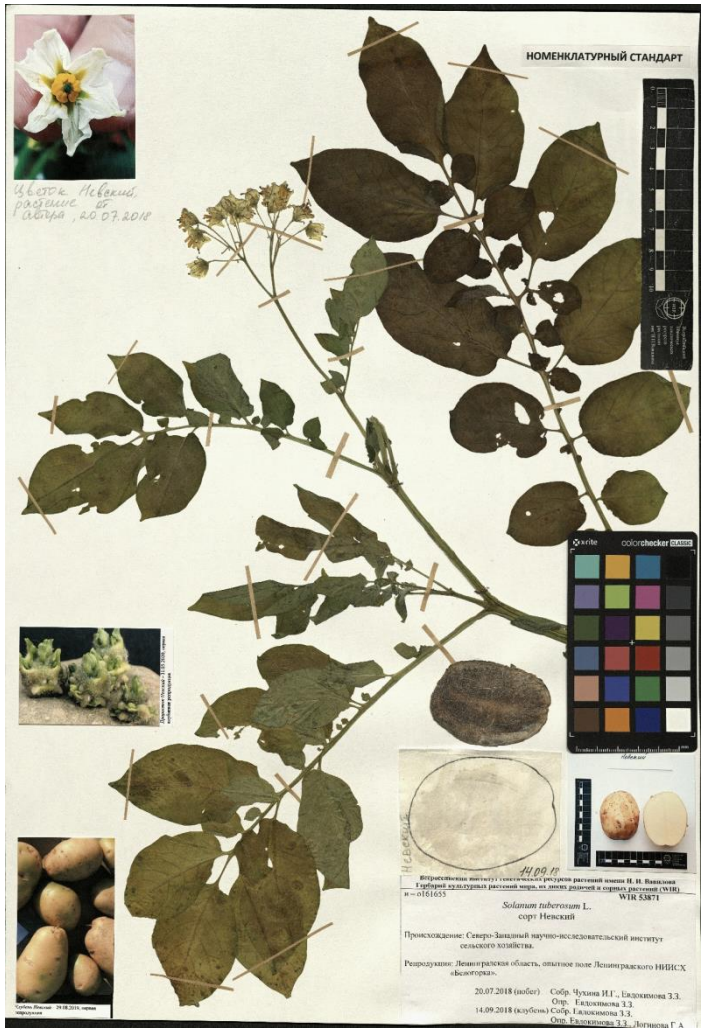
Таблица 11. Номенклатурный стандарт (WIR – 53870) и генетический паспорт сорта картофеля ‘Наяда’
Table 11. Nomenclatural standard (WIR - 53870) and genetic passport of potato cultivar ‘Naâda’

Номенклатурный стандарт / Nomenclatural standard (WIR - 53870)

Генетический паспорт / Genetic passport	
Происхождение	ООО Селекционная фирма «ЛиГа», ГУ Институт общей генетики им. Н.И. Вавилова
Год внесения в Госреестр	2004
Код сорта в Госреестре	9811487
№ патента	2362
Авторы:	Гаджиев Н.М.О., Лебедева В.А.
Метод выведения – сорт получен путем:	шестивидовой гибрид картофеля, полученный с участием: dms, sto, vrn, phu, adg и сортов tbr
SSR локус:	Размер (п.н.):
StI032	109; 112; 124
STM2005	154; 166
STM5114	286; 295
StI001	176; 179
StI046	179; 191; 194
STG0016	129; 135
STM0037	72; 74; 88
StI014	123; 126; 129
StI004	76; 88; 94
StI033	113; 131; 134

Маркеры *R*-генов устойчивости к вредным организмам:													Устойчивость к *G. rostochiensis* (Ro 1) (Госреестр)
Вредный организм:	PVY			PVX		*Phytophthora infestans*			*Globodera pallida* (Pa 2,3)	*Globodera rostochiensis* (Ro 1)			
Ген:	Ry_{sto}	Ry_{adg}	Ry_{chc}	*Rx1*	*Rx2*	*Rpi-sto1*, *Rpi-blb1*		*R1*	*Gpa2*	*Gro1-4*	*H1*		
Маркер есть (+)/ нет (0):	YES3-3A	RYSC3	Ry364	5Rx1	106Rx2	Rpi-sto1	BLB1F/R	R1	Gpa2-2	Gro1-4-1	57R	N195	
	0	0	0	0	+	0	0	+	0	0	+	+	R

Таблица 12. Номенклатурный стандарт (WIR - 53871) и генетический паспорт сорта картофеля ‘Невский’
Table 12. Nomenclatural standard (WIR - 53871) and genetic passport of potato cultivar ‘Nevskij’

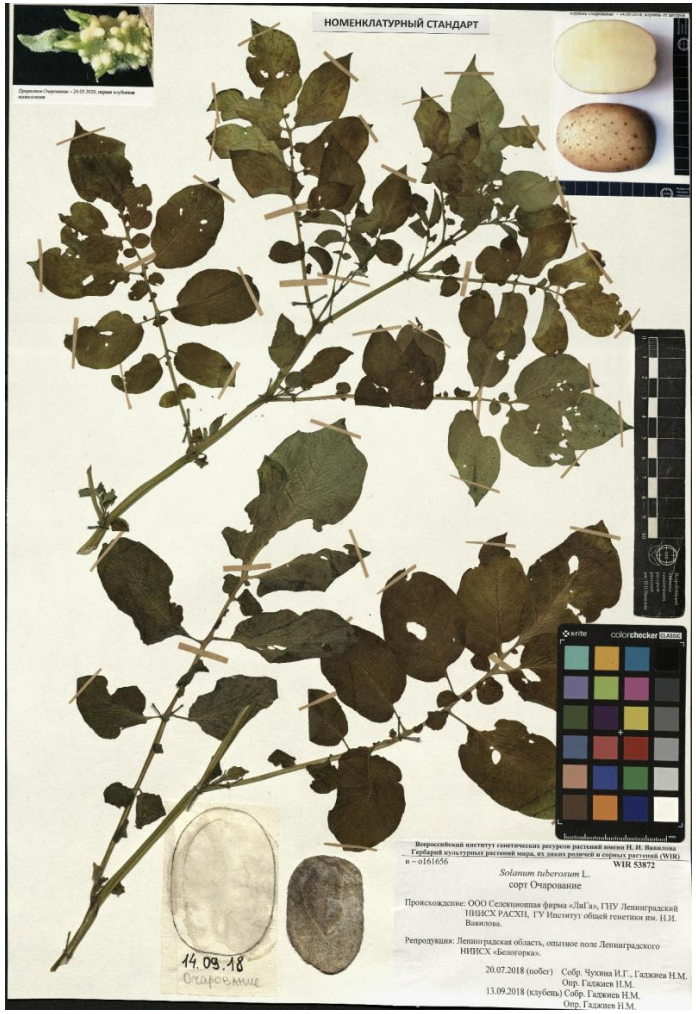


Номенклатурный стандарт / Nomenclatural standard (WIR - 53871)

Генетический паспорт / Genetic passport	
Происхождение	Северо-Западный научно-исследовательский институт сельского хозяйства
Год внесения в Госреестр	1982
Код сорта в Госреестре	7805632
№ патента	–
Авторы:	Осипова Е.А., Мингова М.П., Логинова Г.А., Шарова Е.С., Прилепов В.В.
Метод выведения – сорт получен путем:	–
SSR локус:	Размер (п.н.):
StI032	121; 124; 127
STM2005	166; 190
STM5114	286; 295
StI001	179; 185; 191
StI046	179; 194; 203; 206
STG0016	123; 132; 135
STM0037	80; 88
StI014	123; 126; 129
StI004	76; 79
StI033	113; 134

Маркеры *R*-генов устойчивости к вредным организмам:													Устойчивость к *G. rostochiensis* (Ro 1) (Госреестр)
Вредный организм:	PVY			PVX		*Phytophthora infestans*			*Globodera pallida* (Pa 2,3)	*Globodera rostochiensis* (Ro 1)			
Ген:	Ry_{sto}	Ry_{adg}	Ry_{chc}	*Rx1*	*Rx2*	*Rpi-sto1, Rpi-blb1*		*R1*	*Gpa2*	*Gro1-4*	*H1*		
Маркер есть (+) / нет (0):	YES3-3A	RYSC3	Ry364	5Rx1	106Rx2	Rpi-sto1	BLB1F/R	R1	Gpa2-2	Gro1-4-1	57R	N195	
	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	S

Таблица 13. Номенклатурный стандарт (WIR - 53872) и генетический паспорт сорта картофеля ‘Очарование’
Table 13. Nomenclatural standard (WIR - 53872) and genetic passport of potato cultivar ‘Očarovanie’



Номенклатурный стандарт / Nomenclatural standard (WIR - 53872)

Генетический паспорт / Genetic passport													
Происхождение	ООО Селекционная фирма «ЛиГа», ГНУ Ленинградский НИИСХ РАСХН, ГУ Институт общей генетики им. Н.И. Вавилова												
Год внесения в Госреестр	2009												
Код сорта в Госреестре	9463592												
№ патента	5390												
Авторы:	Гаджиев Н.М.О., Лебедева В.А.												
Метод выведения – сорт получен путем:	пятивидовой гибрид с участием: dms, sto, adg, plt и сортов tbr												
SSR локус:	Размер (п.н.):												
StI032	118; 124												
STM2005	154; 166												
STM5114	286; 295												
StI001	176; 179												
StI046	179; 191; 194												
STG0016	123; 135												
STM0037	72; 78; 80												
StI014	129												
StI004	76; 88; 100												
StI033	113; 125; 131												
Маркеры *R*-генов устойчивости к вредным организмам:													Устойчивость к *G. rostochiensis* (Ro 1) (Госреестр)
Вредный организм:	PVY			PVX		*Phytophthora infestans*			*Globodera pallida* (Pa 2,3)	*Globodera rostochiensis* (Ro 1)			
Ген:	Ry_{sto}	Ry_{adg}	Ry_{chc}	*Rx1*	*Rx2*	*Rpi-sto1*, *Rpi-blb1*		*R1*	*Gpa2*	*Gro1-4*	*H1*		
Маркер есть (+) / нет (0):	YES3-3A	RYSC3	Ry364	5Rx1	106Rx2	Rpi-sto1	BLB1F/R	R1	Gpa2-2	Gro1-4-1	57R	N195	
	0	0	0	0	+	0	0	+	0	0	+	+	R

Таблица 14. Номенклатурный стандарт (WIR-53873) и генетический паспорт сорта картофеля ‘Памяти Осиповой’

Table 14. Nomenclatural standard (WIR - 53873) and genetic passport of potato cultivar ‘Pamâti Osipovoj’

Номенклатурный стандарт / Nomenclatural standard (WIR - 53873)

Генетический паспорт / Genetic passport	
Происхождение	ГНУ Ленинградский НИИСХ РАСХН, ФГУП «Холмогорская опытная станция животноводства и растениеводства»
Год внесения в Госреестр	2005
Код сорта в Госреестре	9908506
№ патента	2780
Авторы:	Евдокимова З.З., Головина Л.Н., Иванов М.В., Пелли А.А., Царьков Н.И.
Метод выведения – сорт получен путем:	контролируемого скрещивания, от скрещивания четырехкратного беккросса с *S. stoloniferum* на сложный демиссоидный гибрид
SSR локус:	Размер (п.н.):
StI032	112; 124
STM2005	148
STM5114	280; 295
StI001	179; 185; 191
StI046	188; 194; 200
STG0016	123; 135
STM0037	70; 72; 80
StI014	120; 126; 129
StI004	76; 94
StI033	113; 119; 131; 134

Маркеры *R*-генов устойчивости к вредным организмам:													Устойчивость к *G. rostochiensis* (Ro 1) (Госреестр)
Вредный организм:	PVY			PVX		*Phytophthora infestans*			*Globodera pallida* (Pa 2,3)	*Globodera rostochiensis* (Ro 1)			
Ген:	Ry_{sto}	Ry_{adg}	Ry_{chc}	*Rx1*	*Rx2*	*Rpi-sto1*, *Rpi-blb1*		*R1*	*Gpa2*	*Gro1-4*	*H1*		
Маркер есть (+) / нет (0):	YES3-3A	RYSC3	Ry364	5Rx1	106Rx2	Rpi-sto1	BLB1F/R	R1	Gpa2-2	Gro1-4-1	57R	N195	
	0	0	0	0	0	0	0	+	0	0	0	0	S

Таблица 15. Номенклатурный стандарт (WIR - 53875) и генетический паспорт сорта картофеля ‘Русская красавица’
Table 15. Nomenclatural standard (WIR - 53875) and genetic passport of potato cultivar ‘Russkaâ krasavica’

Номенклатурный стандарт / Nomenclatural standard (WIR - 53875)

Генетический паспорт / Genetic passport													
Происхождение	ГНУ Ленинградский НИИСХ «Белогорка» РАСХН												
Год внесения в Госреестр	2011												
Код сорта в Госреестре	9154525												
№ патента	6100												
Авторы:	Гаджиев Н.М.О., Лебедева В.А.												
Метод выведения – сорт получен путем:	–												
SSR локус:	Размер (п.н.):												
StI032	118; 121												
STM2005	154; 166												
STM5114	295												
StI001	179; 185; 191												
StI046	191; 194												
STG0016	129; 135												
STM0037	72; 88												
StI014	123; 129												
StI004	76; 88; 94; 100												
StI033	113; 131; 134												
Маркеры *R*-генов устойчивости к вредным организмам:													Устойчивость к *G. rostochiensis* (Ro 1) (Госреестр)
Вредный организм:	PVY			PVX		*Phytophthora infestans*			*Globodera pallida* (Pa 2,3)	*Globodera rostochiensis* (Ro 1)			
Ген:	Ry_{sto}	Ry_{adg}	Ry_{chc}	*Rx1*	*Rx2*	*Rpi-sto1*, *Rpi-blb1*		*R1*	*Gpa2*	*Gro1-4*	*H1*		
Маркер есть (+) / нет (0):	YES3-3A	RYSC3	Ry364	5Rx1	106Rx2	Rpi-sto1	BLB1F/R	R1	Gpa2-2	Gro1-4-1	57R	N195	
	0	0	0	0	+	0	0	0	0	0	0	0	S

Таблица 16. Номенклатурный стандарт (WIR - 53879) и генетический паспорт сорта картофеля ‘Сиверский’
Table 16. Nomenclatural standard (WIR - 53879) and genetic passport of potato cultivar ‘Siverskij’

Номенклатурный стандарт / Nomenclatural standard (WIR - 53879)

Генетический паспорт / Genetic passport	
Происхождение	ФГБНУ Ленинградский научно-исследовательский институт сельского хозяйства «Белогорка»
Год внесения в Госреестр	–
Код сорта в Госреестре	–
№ патента	11161
Авторы:	Евдокимова З.З., Калашник М.В., Федорова Ю.Н., Шелабина Т.А.
Метод выведения – сорт получен путем:	межвидовой гибридизации. В происхождении сорта принимали участие: dms, sto, vrn, adg. Сорт получен путём контролируемого скрещивания 9517/48 x 943/9.
SSR локус:	Размер (п.н.):
StI032	121; 124; 127
STM2005	148
STM5114	286; 289; 295
StI001	179; 185; 191
StI046	188; 191; 194; 206
STG0016	135
STM0037	72; 74; 78
StI014	117; 126; 129
StI004	76; 100
StI033	113; 131

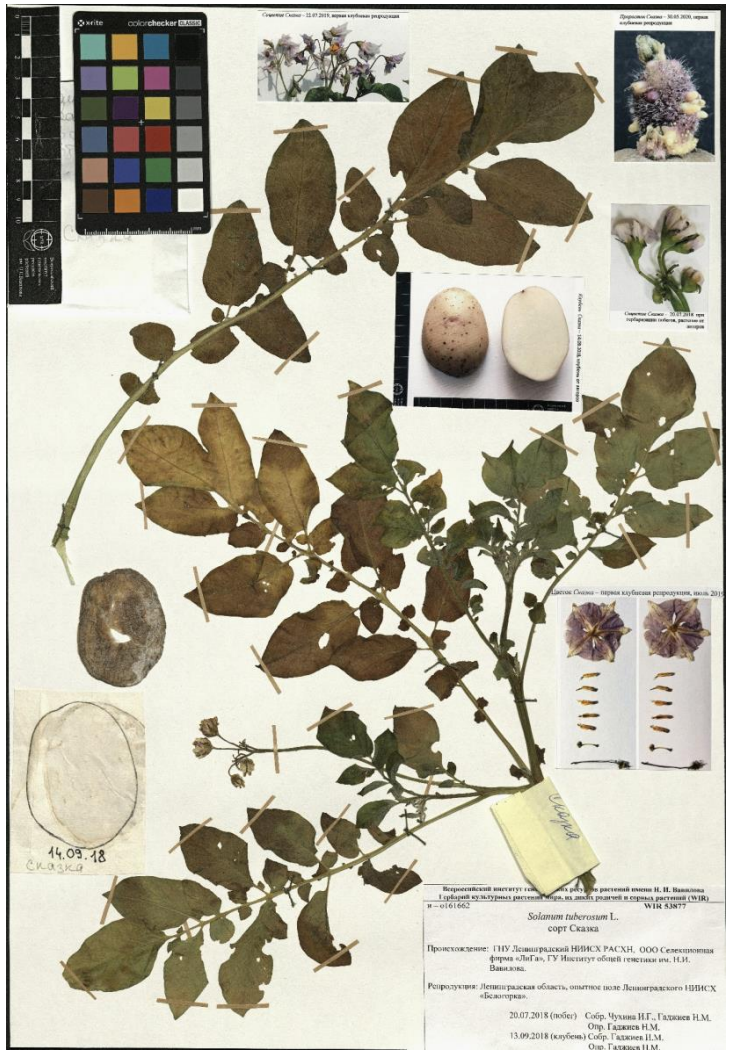
Маркеры *R*-генов устойчивости к вредным организмам:													Устойчивость к *G. rostochiensis* (Ro 1) (Госреестр)	Тип цитоплазмы
Вредный организм:	PVY			PVX		*Phytophthora infestans*			*Globodera pallida* (Pa 2,3)	*Globodera rostochiensis* (Ro 1)				
Ген:	Ry_{sto}	Ry_{adg}	Ry_{chc}	*Rx1*	*Rx2*	*Rpi-sto1*, *Rpi-blb1*		*R1*	*Gpa2*	*Gro1-4*	*H1*			
Маркер есть (+) / нет (0):	YES3-3A	RYSC3	Ry364	5Rx1	106Rx2	Rpi-sto1	BLB1F/R	R1	Gpa2-2	Gro1-4-1	57R	N195		
	0	0	0	0	+	+	+	0	0	+	0	0	Н.д.	W/γ

Таблица 17. Номенклатурный стандарт (WIR - 53876) и генетический паспорт сорта картофеля ‘Сиреневый туман’
Table 17. Nomenclatural standard (WIR - 53876) and genetic passport of potato cultivar ‘Sirenevyj tuman’

Номенклатурный стандарт / Nomenclatural standard (WIR - 53876)

Генетический паспорт / Genetic passport													
Происхождение	ООО Селекционная фирма «ЛиГа»												
Год внесения в Госреестр	2011												
Код сорта в Госреестре	9253097												
№ патента	6351												
Авторы:	Гаджиев Н.М.О., Лебедева В.А.												
Метод выведения – сорт получен путем:	межвидовой гибридизации, контролируемого скрещивания – 6-видовой гибрид, получен с участием: vrn, phu, dms, sto, adg и сортов tbr												
SSR локус:	Размер (п.н.):												
StI032	121; 124												
STM2005	154; 190												
STM5114	283; 286; 295												
StI001	176; 179; 185												
StI046	191; 194; 203; 206												
STG0016	132; 135; 153												
STM0037	72; 74												
StI014	120; 126; 129												
StI004	79; 100												
StI033	113; 131; 134												
Маркеры *R*-генов устойчивости к вредным организмам:													Устойчивость к *G. rostochiensis* (Ro 1) (Госреестр)
Вредный организм:	PVY			PVX		*Phytophthora infestans*			*Globodera pallida* (Pa 2,3)	*Globodera rostochiensis* (Ro 1)			
Ген:	*Ry_{sto}*	*Ry_{adg}*	*Ry_{chc}*	*Rx1*	*Rx2*	*Rpi-sto1, Rpi-blb1*		*R1*	*Gpa2*	*Gro1-4*	*H1*		
Маркер есть (+) / нет (0):	YES3-3A	RYSC3	Ry364	5Rx1	106Rx2	Rpi-sto1	BLB1F/R	R1	Gpa2-2	Gro1-4-1	57R	N195	
	0	0	0	+	0	0	0	0	+	0	0	0	S

Таблица 18. Номенклатурный стандарт (WIR - 53877) и генетический паспорт сорта картофеля ‘Сказка’
Table 18. Nomenclatural standard (WIR - 53877) and genetic passport of potato cultivar ‘Skazka’



Номенклатурный стандарт / Nomenclatural standard (WIR - 53877)

Генетический паспорт / Genetic passport													
Происхождение	ГНУ Ленинградский НИИСХ РАСХН, ООО Селекционная фирма «ЛиГа», ГУ Институт общей генетики им. Н.И. Вавилова												
Год внесения в Госреестр	2004												
Код сорта в Госреестре	9810040												
№ патента	–												
Авторы:	Гаджиев Н.М.О., Лебедева В.А., Иванов М.В.												
Метод выведения – сорт получен путем:	–												
SSR локус:	Размер (п.н.):												
StI032	112; 124; 127												
STM2005	154; 166; 190												
STM5114	286; 295												
StI001	179												
StI046	179; 185; 191; 194												
STG0016	135												
STM0037	74; 88												
StI014	123; 126												
StI004	76; 79												
StI033	113; 134												
Маркеры *R*-генов устойчивости к вредным организмам:													Устойчивость к *G. rostochiensis* (Ro 1) (Госреестр)
Вредный организм:	PVY			PVX		*Phytophthora infestans*			*Globodera pallida* (Pa 2,3)	*Globodera rostochiensis* (Ro 1)			
Ген:	Ry_{sto}	Ry_{adg}	Ry_{chc}	*Rx1*	*Rx2*	*Rpi-sto1*, *Rpi-blb1*		*R1*	*Gpa2*	*Gro1-4*	*H1*		
Маркер есть (+) / нет (0):	YES3-3A	RYSC3	Ry364	5Rx1	106Rx2	Rpi-sto1	BLB1F/R	R1	Gpa2-2	Gro1-4-1	57R	N195	
	0	0	0	0	+	0	0	+	0	0	0	0	S

Таблица 19. Номенклатурный стандарт (WIR - 53878) и генетический паспорт сорта картофеля ‘Снегирь’
Table 19. Nomenclatural standard (WIR - 53878) and genetic passport of potato cultivar ‘Snegir''

Номенклатурный стандарт / Nomenclatural standard (WIR - 53878)

Генетический паспорт / Genetic passport													
Происхождение	ГНУ АП Северо-Западный НИИСХ, Институт общей генетики им. Н.И. Вавилова												
Год внесения в Госреестр	2001												
Код сорта в Госреестре	9809082												
№ патента	0603												
Авторы:	Гаджиев Н.М., Лебедева В.А., Иванов М.В., Евдокимова З.З.												
Метод выведения – сорт получен путем:	–												
SSR локус:	Размер (п.н.):												
StI032	112; 121; 124												
STM2005	154; 190												
STM5114	286; 295												
StI001	179; 185; 191												
StI046	191; 203; 206												
STG0016	123; 135												
STM0037	72; 78; 88												
StI014	126; 129												
StI004	76; 79; 88												
StI033	113; 131; 134												
Маркеры *R*-генов устойчивости к вредным организмам:													Устойчивость к *G. rostochiensis* (Ro 1) (Госреестр)
Вредный организм:	PVY			PVX		*Phytophthora infestans*			*Globodera pallida* (Pa 2,3)	*Globodera rostochiensis* (Ro 1)			
Ген:	Ry_{sto}	Ry_{adg}	Ry_{chc}	*Rx1*	*Rx2*	*Rpi-sto1*, *Rpi-blb1*		*R1*	*Gpa2*	*Gro1-4*	*H1*		
Маркер есть (+)/ нет (0):	YES3-3A	RYSC3	Ry364	5Rx1	106Rx2	Rpi-sto1	BLB1F/R	R1	Gpa2-2	Gro1-4-1	57R	N195	
	0	0	0	0	0	0	0	+	0	0	0	0	S

Таблица 20. Номенклатурный стандарт (WIR - 53880) и генетический паспорт сорта картофеля ‘Сударыня’
Table 20. Nomenclatural standard (WIR - 53880) and genetic passport of potato cultivar ‘Sudarynâ’

Номенклатурный стандарт / Nomenclatural standard (WIR - 53880)

Генетический паспорт / Genetic passport													
Происхождение	ГНУ Ленинградский НИИСХ РАСХН												
Год внесения в Госреестр	2009												
Код сорта в Госреестре	9359269												
№ патента	5391												
Авторы:	Евдокимова З.З., Гадаборшев Р.Н., Головина Л.Н., Котова З.П., Царьков Н.И., Шелабина Т.А.												
Метод выведения – сорт получен путем:	межвидовой гибридизации, контролируемого скрещивания 89181/6 x 8889/3.В происхождении сорта принимали участие: dms, sto, chc, adg и нематодоустойчивые сорта Gitte*, Frila, Miranda.												
SSR локус:	Размер (п.н.):												
StI032	121; 124												
STM2005	–												
STM5114	286; 289; 295												
StI001	179; 185; 191												
StI046	179; 194; 203; 206												
STG0016	135												
STM0037	72; 74; 78; 80												
StI014	129												
StI004	76; 100												
StI033	113; 131												
Маркеры *R*-генов устойчивости к вредным организмам:													Устойчивость к *G. rostochiensis* (Ro 1) (Госреестр)
Вредный организм:	PVY			PVX		*Phytophthora infestans*			*Globodera pallida* (Pa 2,3)	*Globodera rostochiensis* (Ro 1)			
Ген:	Ry_{sto}	Ry_{adg}	Ry_{chc}	*Rx1*	*Rx2*	*Rpi-sto1*, *Rpi-blb1*		*R1*	*Gpa2*	*Gro1-4*	*H1*		
Маркер есть (+) / нет (0):	YES3-3A	RYSC3	Ry364	5Rx1	106Rx2	Rpi-sto1	BLB1F/R	R1	Gpa2-2	Gro1-4-1	57R	N195	
+	0	0	0	0	+	+	0	0	+	+	+	R	

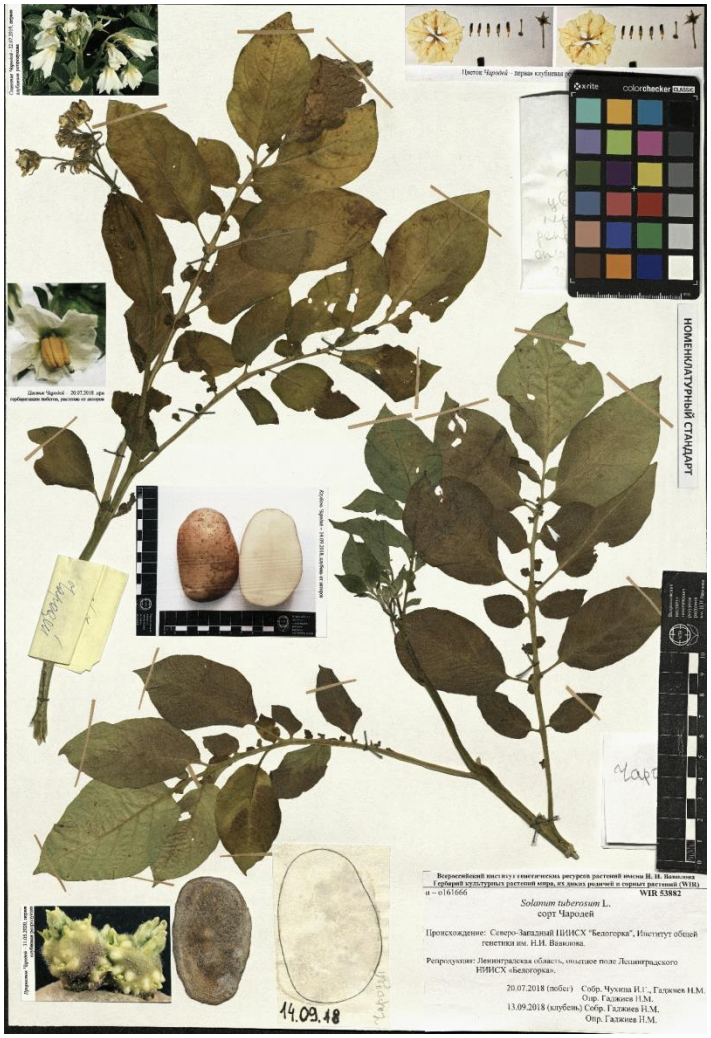
Таблица 21. Номенклатурный стандарт (WIR - 53881) и генетический паспорт сорта картофеля ‘Холмогорский’
Table 21. Nomenclatural standard (WIR - 53881) and genetic passport of potato cultivar ‘Holmogorskij’

Номенклатурный стандарт / Nomenclatural standard (WIR - 53881)

Генетический паспорт / Genetic passport	
Происхождение	ГНУ Ленинградский НИИСХ РАСХН, ФГУП «Холмогорская опытная станция животноводства и растениеводства»
Год внесения в Госреестр	2005
Код сорта в Госреестре	9908507
№ патента	2781
Авторы:	Евдокимова З.З., Головина Л.Н., Иванов М.В., Пелли А.А., Царьков Н.И.
Метод выведения – сорт получен путем:	межвидовой гибридизации, контролируемого скрещивания. В происхождении сорта принимали участие: dms, adg, tbr
SSR локус:	Размер (п.н.):
StI032	–
STM2005	–
STM5114	286; 295
StI001	179; 185; 191
StI046	191; 194; 200
STG0016	123; 132; 135
STM0037	72; 74; 78
StI014	120; 126; 129
StI004	94; 100
StI033	113; 131; 134

Маркеры *R*-генов устойчивости к вредным организмам:													Устойчивость к *G. rostochiensis* (Ro 1) (Госреестр)
Вредный организм:	PVY			PVX		*Phytophthora infestans*			*Globodera pallida* (Pa 2,3)	*Globodera rostochiensis* (Ro 1)			
Ген:	Ry_{sto}	Ry_{adg}	Ry_{chc}	*Rx1*	*Rx2*	*Rpi-sto1*, *Rpi-blb1*		*R1*	*Gpa2*	*Gro1-4*	*H1*		
Маркер есть (+) / нет (0):	YES3-3A	RYSC3	Ry364	5Rx1	106Rx2	Rpi-sto1	BLB1F/R	R1	Gpa2-2	Gro1-4-1	57R	N195	
	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	+	+	R

Таблица 22. Номенклатурный стандарт (WIR - 53882) и генетический паспорт сорта картофеля ‘Чародей’
Table 22. Nomenclatural standard (WIR - 53882) and genetic passport of potato cultivar ‘Čarodej’



Номенклатурный стандарт / Nomenclatural standard (WIR - 53882)

Генетический паспорт / Genetic passport													
Происхождение	Северо-Западный НИИСХ «Белогорка», Институт общей генетики им. Н.И. Вавилова												
Год внесения в Госреестр	2000												
Код сорта в Госреестре	9606700												
№ патента	0602												
Авторы:	Гаджиев Н.М., Лебедева В.А., Иванов М.В., Евдокимова З.З., Шелабина Т.А.												
Метод выведения – сорт получен путем:	–												
SSR локус:	Размер (п.н.):												
StI032	112; 121; 124												
STM2005	154; 166; 190												
STM5114	286; 295												
StI001	176; 179; 185; 191												
StI046	179; 191; 194												
STG0016	123; 132; 135												
STM0037	74; 80												
StI014	123; 126												
StI004	76												
StI033	113; 134												
Маркеры *R*-генов устойчивости к вредным организмам:													Устойчивость к *G. rostochiensis* (Ro 1) (Госреестр)
Вредный организм:	PVY			PVX		*Phytophthora infestans*			*Globodera pallida* (Pa 2,3)	*Globodera rostochiensis* (Ro 1)			
Ген:	Ry_{sto}	Ry_{adg}	Ry_{chc}	*Rx1*	*Rx2*	*Rpi-sto1*, *Rpi-blb1*		*R1*	*Gpa2*	*Gro1-4*	*H1*		
Маркер есть (+) / нет (0):	YES3-3A	RYSC3	Ry364	5Rx1	106Rx2	Rpi-sto1	BLB1F/R	R1	Gpa2-2	Gro1-4-1	57R	N195	
	0	0	0	0	+	0	0	+	0	0	0	0	S

Таблица 23. Номенклатурный стандарт (WIR - 53883) и генетический паспорт сорта картофеля ‘Чароит’
Table 23. Nomenclatural standard (WIR - 53883) and genetic passport of potato cultivar ‘Čaroit’

Номенклатурный стандарт / Nomenclatural standard (WIR - 53883)

Генетический паспорт / Genetic passport	
Происхождение	ООО Селекционная фирма «ЛиГа», ФГБНУ Ленинградский научно-исследовательский институт сельского хозяйства «Белогорка»
Год внесения в Госреестр	2014
Код сорта в Госреестре	8853874
№ патента	7499
Авторы:	Лебедева В.А., Гаджиев Н.М., Балакина С.В., Нагиев Т.Б., Шелабина Т.А.
Метод выведения – сорт получен путем:	межвидовой гибридизации, контролируемого скрещивания. Сорт получен с участием: dms, sto, ber, adg, tbr
SSR локус:	Размер (п.н.):
StI032	109; 124; 127
STM2005	154; 166
STM5114	286; 295
StI001	179
StI046	194; 197; 200; 203
STG0016	132; 135; 153
STM0037	72; 74; 80
StI014	120; 126; 129
StI004	76; 79; 94
StI033	113; 119; 131

Маркеры *R*-генов устойчивости к вредным организмам:													Устойчивость к *G. rostochiensis* (Ro 1) (Госреестр)
Вредный организм:	PVY			PVX		*Phytophthora infestans*			*Globodera pallida* (Pa 2,3)	*Globodera rostochiensis* (Ro 1)			
Ген:	*Ry$_{sto}$*	*Ry$_{adg}$*	*Ry$_{chc}$*	*Rx1*	*Rx2*	*Rpi-sto1*, *Rpi-blb1*		*R1*	*Gpa2*	*Gro1-4*	*H1*		
Маркер есть (+)/нет (0):	YES3-3A	RYSC3	Ry364	5Rx1	106Rx2	Rpi-sto1	BLB1F/R	R1	Gpa2-2	Gro1-4-1	57R	N195	
	0	0	0	+	+	0	0	0	+	0	0	0	S

Использование набора из 10 SSR маркеров для проверки подлинности и однородности образцов белогорских сортов, полученных из различных источников. Данные об аллельном составе 10 микросателлитных локусов номенклатурных стандартов, размещенные в генетических паспортах, в дальнейшем были использованы для верификации 40 образцов белогорских сортов, полученных из пяти различных источников (см. раздел «Материал и Методы»). Сравнение SSR-спектров номенклатурных стандартов и образцов одноименных сортов выявили совпадение аллельного состава изученных 10 SSR локусов в большинстве случаев – для 30 из 40 образцов:

- для 13 изученных образцов полевой коллекции ВИР (‘Алый парус’, k-24701; ‘Вдохновение’, k-12192; ‘Весна белая’, k-11895; ‘Наяда’, k-12157; ‘Невский’, k-10736; ‘Памяти Осиповой’, k-12105; ‘Русская красавица’, k-25142; ‘Сиреневый туман’, k-25143; ‘Сказка’, k-11987; ‘Снегирь’, k-11984; ‘Холмогорский’, k-12111; ‘Чародей’, k-11908; ‘Чароит’, k-25221) (приложение 4a/ Supplement 4a);
- для семи проанализированных образцов из выборки КПНИ_ЭГИ-2016_ВИР (‘Гусар’, ‘Евразия’, ‘Ломоносовский’, ‘Невский’, ‘Сударыня’, ‘Чароит’, 1604/16) (приложение 4a/ Supplement 4a);
- для трех из пяти образцов выборки КПНИ_ЭГИ-2017_ВИР (‘Гусар’, ‘Ломоносовский’, ‘Чароит’);
- для двух из пяти образцов выборки КПНИ_ЭГИ-2018_ВНИИКХ (‘Гусар’, ‘Чароит’);
- для четырех образцов из выборки КПНИ_ЭГИ-2019_ВНИИКХ (‘Калибр’, ‘Сердолик’, ‘Сиверский’, ‘Сударыня’);
- для *in vitro* образца сорта ‘Невский’ из «Банка здоровых сортов картофеля ВНИИКХ» (приложение 4a/ Supplement 4a).

Несовпадения с SSR-спектрами номенклатурных стандартов выявлены у пяти образцов, переданных в отдел биотехнологии ВИР из двух источников:

- у двух из пяти образцов выборки КПНИ_ЭГИ-2017_ВИР (‘Сударыня’ и ‘Невский’) (приложение 4a, b/ Supplement 4a, b);
- у трех из пяти образцов выборки КПНИ_ЭГИ-2018_ВНИИКХ (‘Ломоносовский’, ‘Невский’, ‘Сударыня’) (приложение 4a, b/ Supplement 4a, b).

Таким образом, по результатам SSR-анализа были выявлены два отличающиеся генотипа, обозначенных названием сорта ‘Ломоносовский’; три различных генотипа, обозначенных названием сорта ‘Сударыня’ (приложение 4b/ Supplement 4b) и три разных генотипа под названием сорта ‘Невский’.

Можно заключить, что наличие генетического паспорта номенклатурного стандарта позволяет оценить генетическую однородность сорта, верифицировать подлинность (‘trueness to type’) образцов определенного сорта, полученных из различных источников, и эффективно выявлять варианты технических ошибок («засорения»).

Заключение

Создан 21 номенклатурный стандарт сортов селекции Ленинградского НИИСХ «Белогорка» и ООО Селекционная фирма «ЛиГа». Оформлены и зарегистрированы в гербарии ВИР ваучерные образцы для двух предсортов и трех селекционных клонов, созданных в этих организациях. Разработаны генетические паспорта 26 образцов: 21 сорта, трех селекционных клонов и двух предсортов, которые включают данные о полиморфизме 10 микросателлитных локусов и данные о наличии/отсутствии диагностических фрагментов 12 маркеров 11 *R*-генов устойчивости к вредным организмам. Генетические паспорта номенклатурных стандартов позволили верифицировать и оценить подлинность 40 образцов белогорских сортов, полученных из различных источников.

Благодарности/Acknowledgments

Статья подготовлена при поддержке темы НИР № 0662-2019-0004, номер государственной регистрации (РК) АААА-А19-119013090158-8 «Коллекции ВИР вегетативно размножаемых культур и их диких родичей - изучение и рациональное использование». Номенклатурные стандарты и генетические паспорта пяти сортов подготовлены в 2018 году при поддержке подпрограммы «Развитие селекции и семеноводства картофеля в РФ». Авторы высказывают глубокую благодарность сотрудникам ВИР: к.б.н. О.Ю. Антоновой за обучение Н.С. Клименко методам работы с системой LiCor 4300S для проведения SSR генотипирования и к.б.н. Л.Ю. Шипилиной за помощь в гербаризации побегов и клубней белогорских сортов. Авторы благодарят д.б.н. Е.З. Кочиеву (ФИЦ «Фундаментальные основы биотехнологии» РАН) за предоставление дополнительных ДНК препаратов восьми образцов из двух выборок КПНИ_ЭГИ-2018_ВНИИКХ и КПНИ_ЭГИ-2019_ВНИИКХ, выращенных в 2018 и 2019 годы на опытном поле ВНИИКХ им. А.Г. Лорха / The present study was supported within the framework of the research topic No. 0662-2019-0004, state registration number AAAA-A19-119013090158-8 “VIR collections of vegetatively propagated crops and their wild relatives study and rational use”/ Nomenclatural standards of five cultivars and genetic passports of these five cultivars were prepared in 2018 within the framework of the subprogram “Development of potato breeding and seed production in the Russian Federation”/ The authors express their deep gratitude to the VIR staff: Ph.D. O.Yu. Antonova for training N.S. Klimenko in LiCor 4300S system application for SSR genotyping and Ph.D. L.Yu. Shipilina for her help in herbarization of stems and tubers of potato cultivars. The authors are grateful to Dr.Sci. E.Z. Kochieva (Federal Research Center “Fundamentals of Biotechnology” of the RAS) for providing additional DNA-probes of 8 samples within two subsets from Eco-Geographical Tests carried out at the A.G. Lorkh All-Russian Research Institute of Potato Farming in the framework of the Complex Research Plan in 2018 and 2019.

References/Литература

Ahmadvand R., Wolf I., Gorji A.M., Polgar Z., Taller J. Development of Molecular Tools for Distinguishing Between the Highly Similar *Rx1* and *Rx2* PVX Extreme Resistance Genes in Tetraploid Potato. *Potato Research*. 2013;56(4):277-291. DOI: 10.1007/s11540-013-9244-y

Anisimov B.V., Elanskij S.N., Zejruk V.N., Kuznetsova M.A., Simakov E.A., Sklyarova N.P., Filippov S.N., Yashina I.M. Potato cultivars cultivated in Russia (Sorta kartofelya, vozdelyvaemye v Rossii). Moscow: Agrospas; 2013. [in Russian] (Анисимов Б.В., Еланский С.Н., Зейрук В.Н., Кузнецова М.А., Симаков Е.А., Склярова Н.П., Филиппов С.Н., Яшина И.М. Сорта картофеля, возделываемые в России. Москва: Агроспас; 2013).

Antonova O.Y., Klimenko N.S., Evdokimova Z.Z., Kostina L.I., Gavrilenko T.A. Finding *RB/Rpi-blb1/Rpi-sto1*-like sequences in conventionally bred potato varieties. *Vavilov Journal of Genetics and Breeding*. 2018;22(6):693-702. DOI: 10.18699/VJ18.412

Antonova O.Y., Shvachko N.A., Kostina L.I., Malyshev L.L., Gavrilenko T.A. Genetic differentiation of potato varieties using SSR-markers (Geneticheskaya differentsiatsiya sortov kartofelya s ispolzovaniem SSR markerov). *Agrarnaya Rossiya = Agrarian Russia*. 2004;6:19-24. [in Russian] (Антонова О.Ю., Швачко Н.А., Костина Л.И., Малышев Л.Л., Гавриленко Т.А. Генетическая дифференциация сортов картофеля с использованием SSR маркеров. *Аграрная Россия*. 2004;6:19-24.).

Antonova O.Y., Shvachko N.A., Novikova L.Y., Shuvalov O.Y., Kostina L.I., Klimenko N.S., Shuvalova A.R., Gavrilenko T.A. Genetic diversity of potato varieties bred in Russia and near-abroad countries based on polymorphism of SSR-loci and markers associated with resistance *R*-genes. *Vavilov Journal of Genetics and Breeding*. 2016;20(5):596-606. [in Russian] (Антонова О.Ю., Швачко Н.А., Новикова Л.Ю., Шувалов О.Ю., Костина Л.И., Клименко Н.С., Шувалова А.Р., Гавриленко Т.А. Генетическое разнообразие сортов картофеля российской селекции и стран ближнего зарубежья по данным полиморфизма SSR-локусов и маркеров *R*-генов устойчивости. *Вавиловский журнал генетики и селекции*. 2016;20(5):596-606). DOI: 10.18699/VJ16.181

Asano K., Kobayashi A., Tsuda S., Nishinaka M., Tamiya S. DNA marker-assisted evaluation of potato genotypes for potential resistance to potato cyst nematode pathotypes not yet invading into Japan. *Breeding Science*. 2012;62(2):142-150. DOI: 10.1270/jsbbs.62.142

Ballvora A., Ercolano M.R., Weiss J., Meksem K., Bormann C.A., Oberhagemann P., Salamini F., Gebhardt C. The *R1* gene for potato resistance to late blight (*Phytophthora infestans*) belongs to the leucine zipper/NBS/LRR class of plant resistance genes. *The Plant Journal*. 2002;30(3):361-371. DOI: 10.1046/j.1365-313X.2001.01292.x

Beketova M.P., Khavkin E.E. The *R1* gene of late blight resistance in susceptible and resistant potato cultivars (Gen R1 ustojchivosti k fitoftorozu u vospriimchivykh i ustojchivykh sortov kartofelya). *Agricultural Biology*. 2006;3:109-114. [in Russian] (Бекетова М.П., Хавкин Э.Е. Ген *R1* устойчивости к фитофторозу у восприимчивых и устойчивых сортов картофеля. *Сельскохозяйственная биология*. 2006;3:109-114).

Belozor N.I. Herbarization of cultivated plants (Guidelines). (Gerbarizatsiya kulturnykh rastenii: (Metodicheskie ukazaniya)). Leningrad: VIR; 1989. [in Russian] (Белозор Н.И. Гербаризация культурных растений: (методические указания). Ленинград: ВИР; 1989).

Biryukova V.A., Shmyglya I.V., Abrosimova S.B., Zapekina T.I., Meleshin A.A., Mityushkin A.V., Manankov V.V. The search for sources of resistance genes to pathogens among the samples of plant breeding and genetics collections of All-Russian A.G. Lorh Research Institute of Potato Farming using molecular markers. *Zashhita kartofelya = Potato Protection*. 2015;1:3-7. [in Russian] (Бирюкова В.А., Шмыгля И.В., Абросимова С.Б., Запекина Т.И., Мелешин А.А., Митюшкин А.В., Мананков В.В. Поиск источников генов устойчивости к патогенам среди образцов селекционно-генетических коллекций ВНИИКХ с использованием молекулярных маркеров. *Защита картофеля*. 2015;1:3-7).

Brickell C.D., Alexander C., Cubey J.J., David J.C., Hoffman M.H.A., Leslie A.C., Malécot V., Xiaobai J. (eds). International code of nomenclature for cultivated plants. Ed. 9. *Scripta Horticulturae*. 2016;18:I-XVII+1-190.

Bukasov S.M., Kameraz A.Y.A., Lekhnovich V.S., Kornejchuk V.A., Kostina L.I. A comprehensive unified COMECON list of descriptors and the international COMECON list of descriptors for potato species of the Tuberarium (Dun.) Buk. section of the genus *Solanum* L. (Shirokij unifitsirovannyj klassifikator SEV i mezhdunarodnyj klassifikator SEV vidov kartofelya sektsii Tuberarium (Dun.) Buk. roda *Solanum* L). Leningrad: VIR; 1977. [in Russian] (Букасов С.М., Камераз А.Я., Лехнович В.С., Корнейчук В.А., Костина Л.И. Широкий унифицированный классификатор СЭВ и международный классификатор СЭВ видов картофеля секции Tuberarium (Dun.) Buk. рода *Solanum* L. Ленинград: ВИР; 1977).

Evdokimova Z.Z. Creation of highly productive early ripening varieties of potatoes of a new generation, resistant to late blight and environmental stress factors (Sozdanie vysokoproduktivnykh skorospelykh sortov kartofelya novogo pokoleniya, ustojchivykh k fitoftorozu i stressovym faktoram sredy). In: *Materials of the scientific-practical conference «Actual problems of the modern potato production industry» (Materialy nauchno-prakticheskoj konferentsii «Aktualnye problemy sovremennoj industrii proizvodstva kartofelya»);* Cheboksary; 2010. p.49-53. [in Russian] (Евдокимова З.З. Создание высокопродуктивных скороспелых сортов картофеля нового поколения, устойчивых к фитофторозу и стрессовым факторам среды. В кн.: *Материалы научно-практической конференции «Актуальные проблемы современной индустрии производства картофеля».* Чебоксары; 2010. С.49-53).

Evdokimova Z.Z., Kalachnik M.V. Potential of Interspecific Hybrids of Resistance Potato to Disease and Other Economic Valuable Signs. *Proceedings of the Kuban State Agrarian University*. 2016;3(60):73-76. [in Russian] (Евдокимова З.З., Калашник М.В. Потенциал сложных межвидовых гибридов картофеля по устойчивости к болезням и другим хозяйственно-ценным признакам. *Труды КубГАУ*. 2016;3(60):73-76).

Evdokimova Z.Z., Kalashnik M.V. Use of the Genetic Resources of Complex Interspecific Hybrids in Potato Breeding (Ispolzovanie geneticheskikh rezervov slozhnykh mezhvidovykh gibridov v selektsii kartofelya). *Kartofelevodstvo: Sbornik nauchnykh trudov = Potato-Growing: Proceedings*. 2013;21:161-168. [in Russian] (Евдокимова З.З., Калашник М.В. Использование генетических резервов сложных межвидовых гибридов в селекции картофеля. *Картофелеводство: сборник научных трудов*. 2013;21:161-168).

Feingold S., Lloyd J., Norero N., Bonierbale M., Lorenzen J. Mapping and characterization of new EST-derived microsatellites for potato (*Solanum tuberosum* L.). *Theoretical and Applied Genetics*. 2005;111:456-466. DOI: 10.1007/s00122-005-2028-2

Gadzhiev N.M., Lebedeva V.A. Origin of some Belogorsk potato cultivars. *Kartofel i ovoshchi = Potato and Vegetables*. 2010;8:21. [in Russian] (Гаджиев Н.М., Лебедева В.А. Происхождение некоторых белогорских сортов картофеля. *Картофель и овощи*. 2010;8:21).

Gavrilenko T., Antonova O., Shuvalova A., Krylova E., Alpatyeva N., Spooner D.M., Novikova L. Genetic diversity and origin of cultivated potatoes based on plastid microsatellite polymorphism. *Genetic Resources and Crop Evolution*. 2013;60(7):1997-2015. DOI: 10.1007/s10722-013-9968-1

Gavrilenko T.A., Afanasenko O.S., Antonova O.YU., Rogozina E.V., Khyutti A.V., Shuvalov O.YU., Islamshina A.R., Chalaya N.A. Development of technology for assessing genetic diversity of cultivated and wild potato species for resistance to viral diseases and canker based on modern molecular genetic and phytopathological methods (Razrabotka tekhnologii otsenki geneticheskogo raznoobraziya kulturnykh i dikikh vidov kartofelya po ustojchivosti k virusnym zabolevaniyam i k raku na osnove sovremennykh molekulyarno-geneticheskikh i fitopatologicheskikh metodov). In:

Materials of the conference «Oriented fundamental research and their implementation in the agro-industrial complex of Russia» (Materialy konferentsii «Orientirovannye fundamentalnye issledovaniya i ikh realizatsiya v APK Rossii») Sergiev Posad; 2009. p.94-100. [in Russian] (Гавриленко Т.А., Афанасенко О.С., Антонова О.Ю., Рогозина Е.В., Хютти А.В., Шувалов О.Ю., Исламшина А.Р., Чалая Н.А. Разработка технологии оценки генетического разнообразия культурных и диких видов картофеля по устойчивости к вирусным заболеваниям и к раку на основе современных молекулярно-генетических и фитопатологических методов. В кн.: *Материалы конференции «Ориентированные фундаментальные исследования и их реализация в АПК России»*. Сергиев Посад; 2009. С.94-100. URL: http://vir.nw.ru/biot/pdf/conf-text.pdf [дата обращения 01.11.2019]).

Gavrilenko T.A., Klimenko N.S., Antonova O.Yu., Lebedeva V.A., Evdokimova Z.Z., Gadjiyev N.M., Apalikova O.V., Alpatyeva N.V., Kostina L.I., Zoteyeva N.M., Mamadbokirova F.T., Egorova K.V. Molecular screening of potato varieties bred in the northwestern zone of the Russian Federation. *Vavilov Journal of Genetics and Breeding*. 2018;22(1):35-45. [in Russian] (Гавриленко Т.А., Клименко Н.С., Антонова О.Ю., Лебедева В.А., Евдокимова З.З., Гаджиев Н.М., Апаликова О.В., Алпатьева Н.В., Костина Л.И., Зотеева Н.М., Мамадбокирова Ф.Т., Егорова К.В. Молекулярный скрининг сортов и гибридов картофеля северо-западной зоны Российской Федерации. *Вавиловский журнал генетики и селекции*. 2018;22(1):35-45). DOI: 10.18699/VJ18.329

Ghislain M., Nunez J., Herera M. del R., Pignataro J., Guzman F., Bonierbale M., Spooner D.M. Robust and highly informative microsatellite-based genetic identity kit for potato. *Molecular Breeding*. 2009;23:377-388. DOI: 10.1007/s11032-008-9240-0

Ghislain M., Spooner D.M., Rodríguez F., Villamón F., Núñez J., Vásquez C., Waugh R., Bonierbale M. Selection of highly informative and user-friendly microsatellites (SSRs) for genotyping of cultivated potato. *Theoretical and Applied Genetics*. 2004;108(5):881-890. DOI 10.1007/s00122-003-1494-7

Hawkes J.G. The potato: Evolution, biodiversity and genetic resources. London: Belhaven Press; 1990.

Hosaka K., Sanetomo R. Development of a rapid identification method for potato cytoplasm and its use for evaluating Japanese collections. *Theoretical and Applied Genetics*. 2012;125(6):1237-1251. DOI: 10.1007/s00122-012-1909-4

Huaman Z., Williams J.T., Salhuana W., Vincent L. Descriptors for the cultivated potato and for the maintenance and distribution of germplasm collections. Rome, Italy: International Board for plant genetic resources; 1977.

Kasai K., Morikawa Y., Sorri V.A., Valkonen J.P.T., Gebhardt C., Watanabe K.N. Development of SCAR markers to the PVY resistance gene *Ryadg* based on a common feature of plant disease resistance genes. *Genome*. 2000;43(1):1-8. DOI: 10.1139/g99-092

Kawchuk L.M., Lynch D.R., Thomas J., Penner B., Sillito D., Kulcsar F. Characterization of *Solanum tuberosum* simple sequence repeats and application to potato cultivar identification. *The American Journal of Potato Research*. 1996;73(8):325-335. DOI: 10.1007/BF02849164

Klimenko N.S., Antonova O.Y., Kostina L.I., Mamadbokirova F.T., Gavrilenko T.A. Marker-associated selection of Russian potato varieties with using markers of resistance genes to the golden potato cyst nematode (pathotype Ro1). *Proceedings on applied botany, genetics and breeding*. 2017;178(4):66-75. [in Russian] (Клименко Н.С., Антонова О.Ю., Костина Л.И., Мамадбокирова Ф.Т., Гавриленко Т.А. Маркер-опосредованная селекция отечественных сортов картофеля с маркерами генов устойчивости к золотистой картофельной нематоде (патотип Ro1). *Труды по прикладной ботанике, генетике и селекции*. 2017;178(4):66-75). DOI: 10.30901/2227-8834-2017-4-66-75

Kostina L.I., Kosareva O.S. Pedigree of domestic potato cultivars varieties (Genealogiya otechestvennykh sortov kartofelya). St. Petersburg: VIR; 2017. [in Russian] (Костина Л.И., Косарева О.С. Генеалогия отечественных сортов картофеля. Санкт-Петербург: ВИР; 2017).

Lebedeva V.A., Gadzhiev N.M. Experimental Polyploidy and Inbreeding in Potato Breeding for High Productivity and Quality of Tubers (Ehksperimentalnaya poliploidiya i intsukht v selektsii kartofelya na vysokuyu produktivnost i kachestvo klubnej). *Zashhita kartofelya = Potato Protection*. 2014;1:16-17. [in Russian] (Лебедева В.А., Гаджиев Н.М. Экспериментальная полиплоидия и инцухт в селекции картофеля на высокую продуктивность и качество клубней. *Защита картофеля*. 2014;1:16-17).

Lebedeva N.A. Polyploids of wild potato species and hybrids with polyploids in perennial plantings (Poliploidy dikikh vidov kartofelya i gibridy s poliploidami v mnogoletnej posadke). *Botanicheskii Zhurnal = Botanical journal*. 1961;6:14-15. [in Russian] (Лебедева Н.А. Полиплоиды диких видов картофеля и гибриды с полиплоидами в многолетней посадке. *Ботанический журнал*. 1961;6:14-15).

Lebedeva N.A. Raise and use of polyploids in potato breeding (Poluchenie i ispolzovanie poliploidov v selektsii kartofelya). In: *Second meeting on polyploidy (Vtoroe soveshchanie po poliploidii)*. Leningrad; 1963. p.28-29. [in Russian] (Лебедева Н.А. Получение и использование полиплоидов в селекции картофеля. В кн.: *Второе совещание по полиплоидии*. Ленинград; 1963. С.28-29).

Lebedeva V.A. Creation and use of source material in potato breeding based on interspecific hybridization (Sozdanie i ispolzovanie iskhodnogo materiala v selektsii kartofelya na osnove mezhvidovoj gibridizatsii) [dissertation]. Nemchinovka: Moscow Research Institute of Agriculture «Nemchinovka»; 2014. [in Russian] (Лебедева В.А. Создание и использование исходного материала в селекции картофеля на основе межвидовой гибридизации: дис. … доктора биологических наук. Немчиновка: Московский НИИСХ «Немчиновка»; 2014).

Lebedeva V.A. Potato breeding based on interspecific hybridization: summing up 60 years of scientific experience (Selektsiya kartofelya na osnove mezhvidovoj gibridizatsii: obobshhenie 60-letnego opyta nauchnoj raboty). St. Petersburg: Renome; 2010. [in Russian] (Лебедева В.А. Селекция картофеля на основе межвидовой гибридизации: обобщение 60-летнего опыта научной работы. Санкт-Петербург: Реноме; 2010).

Lebedeva V.A., Gadzhiev N.M. Creation of ultra-early potato hybrids using wild species. *Kartofel i ovoshchi = Potatoes and vegetables,* 2011;7:21. [in Russian] (Лебедева В.А., Гаджиев Н.М. Создание ультраранних гибридов картофеля с использованием диких видов. *Картофель и овощи*. 2011;7:21).

Levy A.V., Voronkova E.V., Poljuhovich Ju.V., Ermishin A.P. DNA-markers of late blight and PVY resistance genes in accessions of wild allotetraploid potato species *Solanum stoloniferum. Proceedings of the National Academy of Sciences of Belarus, biological series*. 2017;2:46-54. [in Russian] (Левый А.В., Воронкова Е.В., Полюхович Ю.В., Ермишин А.П. ДНК-маркеры генов устойчивости к фитофторозу и к Y-вирусу у образцов дикого аллотетраплоидного вида картофеля *Solanum stoloniferum*. *Весці Нацыянальнай акадэміі навук Беларусі. Серыя біялагічных навук*. 2017;2:46-54).

Makhanko O.V., Siliverstova A.I., Drobot N.I., Shhurko K.A., Yakovleva G.A. Detection of genes for resistance to cyst nematodes in potato cultivars using SCAR markers (Detektsiya genov ustojchivosti k tsistoobrazuyushhim nematodam v sortoobraztsakh kartofelya s pomoshh'yu SCAR-markerov). *Zashhita kartofelya = Potato Protection.* 2014;1:17-18. [in Russian] (Маханько О.В., Силиверстова А.И., Дробот Н.И., Щурко К.А., Яковлева Г.А. Детекция генов устойчивости к цистообразующим нематодам в сортообразцах картофеля с помощью SCAR-маркеров. *Защита картофеля*. 2014;1:17-18).

Milbourne D., Meyer R.C., Collins A.J., Ramsay L.D., Gebhardt C., Waugh R. Isolation, characterisation and mapping of simple sequence repeat loci in potato. *Molecular and General Genetics*. 1998;259:233-245. DOI: 10.1007/s004380050809

Mori K., Sakamoto Y., Mukojima N., Tamiya S., Naka T., Ishii T., Hosaka K. Development of a multiplex PCR method for simultaneous detection of diagnostic DNA markers of five disease and pest resistance genes in potato. *Euphytica*. 2011;180(3):347-355. DOI: 10.1007/s10681-011-0381-6

Mori K., Mukojima N., Nakao T., Tamiya S., Sakamoto Y., Sohbaru N.,

Hayashi K., Watanuki H., Nara K., Yamazaki K., Ishii T., Hosaka K. Germplasm Release: Saikai 35, a Male and Female Fertile Breeding Line Carrying *Solanum Phureja*-Derived Cytoplasm and Potato Cyst Nematode Resistance *(H1)* and *Potato Virus Y* Resistance *(Rychc)* Genes. *American Journal of Potato Research.* 2012;89:63-72. DOI: 10.1007/s12230-011-9221-4

Osipova E.A. Breeding of high-yielding late blight-resistant potato varieties for the Non-Black Earth Region. (Selektsiya vysokourozhajnykh fitoftoroustojchivykh sortov kartofelya dlya Nechernozem'ya). *VIR Bulletin*. 1980;105:41-45. [in Russian] (Осипова Е.А. Селекция высокоурожайных фитофтороустойчивых сортов картофеля для Нечерноземья. *Бюллетень ВИР*. 1980;105:41-45).

Ryzhova N.N., Martirosyan E.V., Kochieva E.Z. Analysis of Microsatellite Locus Polymorphism in Potato (*Solanum tuberosum*) Cultivars of Russian Breeding. *Russian Journal of Genetics*. 2010;46(4):425–430. DOI: 10.1134/S102279541004006X

Schultz L., Cogan N., McLean K., Dale M., Bryan G., Forster J., Slater A. Evaluation and implementation of a potential diagnostic molecular marker for *H1*-conferred potato cyst nematode resistance in potato (*Solanum tuberosum* L.). *Plant Breeding*. 2012;131(2):315-321. DOI: 10.1111/j.1439-0523.2012.01949.x

Shvachko N.A. Genetic diversity of potato varieties of VIR collection detected by SSR analysis (Geneticheskoe raznoobrazie selektsionnykh sortov kartofelya kollektsii VIR, vyyavlennoe SSR analizom) [dissertation]. St. Petersburg: VIR; 2012. [in Russian] (Швачко Н.А. Генетическое разнообразие селекционных сортов картофеля коллекции ВИР, выявленное SSR анализом: дис. … кандидата биологических наук. Санкт-Петербург: ВИР; 2012).

Simakov E.A., Anisimov B.V., Elanskij S.N. Potato cultivars cultivated in Russia (Sorta kartofelya, vozdelyvaemye v Rossii). Moscow: Kartofelevod; 2007. [in Russian] (Симаков Е.А., Анисимов Б.В., Еланский С.Н. Сорта картофеля, возделываемые в России. Москва: Картофелевод; 2007).

Simakov E.A., Anisimov B.V., Elanskij S.N. Potato cultivars cultivated in Russia (Sorta kartofelya, vozdelyvaemye v Rossii). Moscow: Kartofelevod; 2007. [in Russian] (Симаков Е.А., Анисимов Б.В., Еланский С.Н. Сорта картофеля, возделываемые в России. Москва: Картофелевод; 2008).

Simakov E.A., Anisimov B.V., Elanskij S.N., Zejruk V.N., Kuznecova M.A., Mal'cev S.V., Pshechenkov K.A., Skljarova N.P., Spiglazova S.Ju., Jashina I.M. Potato cultivars cultivated in Russia (Sorta kartofelya, vozdelyvaemye v Rossii). Moscow: Agrospas; 2010. [in Russian] (Симаков Е.А., Анисимов Б.В., Еланский С.Н., Зейрук В.Н., Кузнецова М.А., Мальцев С.В., Пшеченков К.А., Склярова Н.П., Спиглазова С.Ю., Яшина И.М. Сорта картофеля, возделываемые в России. Москва: Агроспас; 2010).

Simakov E.A., Anisimov B.V., Skljarova N.P., Jashina I.M., Elanskij S.N. Potato cultivars cultivated in Russia (Sorta kartofelya, vozdelyvaemye v Rossii). Moscow: Agrospas; 2009. [in Russian] (Симаков Е.А., Анисимов Б.В., Склярова Н.П., Яшина И.М., Еланский С.Н. Сорта картофеля, возделываемые в России. Москва: Агроспас; 2009).

Simakov E.A., Anisimov B.V., Skljarova N.P., Jashina I.M., Elanskij S.N. Potato cultivars cultivated in Russia (Sorta kartofelya, vozdelyvaemye v Rossii). Moscow: NP «Russian University of Modern Continuing Education of Youth»; 2005. [in Russian] (Симаков Е.А., Анисимов Б.В., Склярова Н.П., Яшина И.М., Еланский С.Н. Сорта картофеля, возделываемые в России. Москва: НП «Русский университет современного дополнительного образования молодежи»; 2005).

Simakov E.A., Anisimov B.V., Zhevora S.V., Mityushkin A.V., Meleshin A.A., Apshev Kh.Kh., Zhuravlev A.A., Mityushkin A.V., Zharova V.A., Salyukov S.S., Ovechkin S.V., Gajzatulin A.S., Shanina E.P., Klyukina E.M., Stashevski Z., Zamalieva F.F., Krasnikov S.N., Rogachev N.I., Dergacheva N.V., Cheremisin A.I., Evdokimova Z.Z., Shelabina T.A., Novoselov A.V., Volik N.M., Dolov M.S., Abazov A. KH., Sergeeva Z.F., Sintsova N.F., Gadzhiev N.M., Lebedeva V.A., Seregina N.I., Dubinin S.V. Potato varieties of Russian breeding (Sorta kartofelya rossijskoj selektsii). E.A. Simakov (ed.). Moscow: Russian Potato Research Center; 2018. [in Russian] (Симаков Е.А., Анисимов Б.В., Жевора С.В., Митюшкин А.В., Мелешин А.А., Апшев Х.Х., Журавлев А.А., Митюшкин А.В., Жарова В.А., Салюков С.С., Овечкин С.В., Гайзатулин А.С., Шанина Е.П., Клюкина Е.М., Сташевски З., Замалиева Ф.Ф., Красников С.Н., Рогачев Н.И., Дергачева Н.В., Черемисин А.И., Евдокимова З.З., Шелабина Т.А., Новоселов А.В., Волик Н.М., Долов М.С., Абазов А.Х., Сергеева З.Ф., Синцова Н.Ф., Гаджиев Н.М., Лебедева В.А., Серегина Н.И., Дубинин С.В. Сорта картофеля российской селекции / под общей редакцией Е.А. Симакова. Москва: ФГБНУ ВНИИКХ; 2018).

Song Y.-S., Schwarzfischer A. Development of STS Markers for Selection of Extreme Resistance (*Rysto*) to PVY and Maternal Pedigree Analysis of Extremely Resistant Cultivars. *American Journal of Potato Research*. 2008;85(2):159-170. DOI: 10.1007/s12230-008-9012-8

State Commission of the Russian Federation for Selection Achievements Test and Protection. Guidelines for the conduct of tests for distinctness, homogeneity and stability. Potato (*Solanum tuberosum* L.). RTG/0023/2 (since 26.12.2005). [in Russian] (Государственная комиссия Российской Федерации по испытанию и охране селекционных достижений. Методика проведения испытаний на отличимость, однородность и стабильность: Картофель (*Solanum tuberosum* L.). RTG/0023/2 (от 26.12.2005). URL: https://gossortrf.ru/metodiki-ispytaniy-na-oos/ [дата обращения: 09.11.2020]).

State Register for Selection Achievements Admitted for Usage. 2020. [in Russian] (Государственный реестр селекционных достижений, допущенных к использованию. 2020). URL: https://gossortrf.ru/gosreestr/ [дата обращения: 09.11.2020]).

Takeuchi T., Sasaki J., Suzuki T., Horita H., Iketani S. High-resolution maps and DNA markers of the Potato virus Y resistance gene *Rychc* and the potato cyst nematode resistance gene *H1*. *Breeding Research*. 2008;10:148.

Takeuchi, T., Sasaki J., Suzuki T., Horita H., Hiura S., Iketani S., Fujita R., Senda K. DNA markers for efficient selection of disease and pests resistance genes in potato [in Japanese]. *Hokkaido Nogyo-Shiken-Kaigi-Shiryo 2008*. 2009;1–26.

Wang M., Allefs A., van den Berg R.G., Vleeshouwers V.G.A.A., van der Vossen E., Vosman B. Allele mining in *Solanum*: conserved homologues of *Rpi-blb1* are identified in *Solanum stoloniferum*. *Theoretical and Applied Genetics*. 2008;116(7):933-943. DOI: 10.1007/s00122- 008-0725-3

Zhu S., Li Y., Vossen J.H., Visser R.G.F., Jacobsen E. Functional stacking of three resistance genes against *Phytophthora infestans* in potato. *Transgenic Research*. 2012;21(1):89-99. DOI: 10.1007/s11248-011- 9510-1

DOI: 10.30901/2658-6266-2020-3-o4

НОМЕНКЛАТУРНЫЕ СТАНДАРТЫ И ГЕНЕТИЧЕСКИЕ ПАСПОРТА СОРТОВ КАРТОФЕЛЯ СЕЛЕКЦИИ ТАТАРСКОГО НИИСХ «КАЗАНСКИЙ НАУЧНЫЙ ЦЕНТР РАН»

Фомина Н.А.[1], Антонова О.Ю.[1], Чухина И.Г.[1], Гимаева Е.А.[2], Сташевски З.[2], Гавриленко Т.А.[1]*

[1]Федеральный исследовательский центр Всероссийский институт генетических ресурсов растений имени Н.И. Вавилова (ВИР), 190000 Россия, г. Санкт-Петербург, ул. Б. Морская, 42, 44;
*✉ tatjana9972@yandex.ru

[2]Татарский научно-исследовательский институт сельского хозяйства – обособленное структурное подразделение Федерального исследовательского центра «Казанский научный центр Российской академии наук» (ТатНИИСХ – ОСП ФИЦ КазНЦ РАН), 420059 Россия, г. Казань, Оренбургский тракт, 48

Выведение сортов картофеля, адаптированных к климатическим условиям Среднего Поволжья и устойчивых к различным вредным организмам, является актуальной задачей для селекционеров Республики Татарстан. В данной статье на примере сортов картофеля, выведенных в Татарском НИИ сельского хозяйства «Казанский научный центр РАН», представлены результаты реализации и развития методических подходов к созданию номенклатурных стандартов и их молекулярно-генетической паспортизации, которые разрабатываются во Всероссийском институте генетических ресурсов растений имени Н.И. Вавилова (ВИР). По инициативе сотрудников ВИР совместно с авторами сортов – Е.А. Гимаевой и З. Сташевски – проведены работы по сбору растительного материала и оформлению номенклатурных стандартов сортов картофеля, выведенных в Татарстане. При оформлении номенклатурных стандартов руководствовались положениями Международного кодекса номенклатуры культурных растений. Зарегистрированные в Базе Данных «Гербарий ВИР» номенклатурные стандарты четырех сортов картофеля ‘Зумба’, ‘Кортни’, ‘Регги’, ‘Самба’ переданы в типовой фонд гербария ВИР. Оформлены ваучерные образцы сорта ‘Танго’ и предсорта ‘Сальса’, находящегося в Госсортоиспытании. С использованием ДНК, выделенной из растительного материала, переданного авторами сортов в гербарную коллекцию ВИР, разработаны генетические паспорта этих сортов. В генетические паспорта включена информация о полиморфизме восьми хромосомспецифичных микросателлитов, данные о наличии/отсутствии диагностических фрагментов 15 маркеров 11 *R*-генов, вовлеченных в контроль устойчивости к различным вредным организмам, и информация о типах цитоплазм этих сортов. Сопоставление данных генетических паспортов растений номенклатурных стандартов и гербарных ваучеров с результатами генотипирования 22 образцов татарстанских сортов, полученных из разных источников (из выборок эколого-географических испытаний 2016-2019 годов, проведенных по Комплексному Плану Научных Исследований подпрограммы «Развитие селекции и семеноводства картофеля в Российской Федерации», а также из *in vitro* коллекции ВИР), позволило провести оценку подлинности и однородности изученного материала.

Ключевые слова: *Solanum tuberosum* L, гербарий ВИР, WIR, морфологические признаки, ДНК маркеры, SSR анализ, генотипирование, молекулярный скрининг.

Прозрачность финансовой деятельности/Financial transparency
Авторы не имеют финансовой заинтересованности в представленных материалах или методах. / The authors have no financial interest in the presented materials or methods.
Авторы благодарят рецензентов за их вклад в экспертную оценку этой работы/The authors thank the reviewers for their contribution to the peer review of this work
Дополнительная информация/Additional information
Полные данные этой статьи доступны / Extended data is available for this paper at https://doi.org/10.30901/2658-6266-2020-3-o4
Мнение журнала нейтрально к изложенным материалам, авторам и их месту работы / The journal's opinion is neutral to the presented materials, the author, and his or her employer
Все авторы одобрили рукопись/All authors approved the manuscript
Конфликт интересов отсутствует/No conflict of interest

NOMENCLATURAL STANDARDS AND GENETIC PASSPORTS OF POTATO CULTIVARS BRED BY THE TATAR RESEARCH INSTITUTE OF AGRICULTURE «KAZAN SCIENTIFIC CENTER OF THE RUSSIAN ACADEMY OF SCIENCES»

Fomina N.A.[1], Antonova O.Yu.[1], Chukhina I.G.[1], Gimaeva E.A.[2], Stashevski Z.[2], Gavrilenko T.A.[1]*

[1]N.I. Vavilov All-Russian Institute of Plant Genetic Resources (VIR), 42, 44 Bolshaya Morskaya Street, St. Petersburg 190000, Russia;
*✉ tatjana9972@yandex.ru

[2]Tatar Research Institute of Agriculture – Subdivision of the Federal Research Center «Kazan Scientific Center of Russian Academy of Sciences» (FRC KazSC of RAS), 48, Orenburgskiy tract, Kazan 420059, Russia

Breeding of potato cultivars adapted to the climatic conditions of the Middle Volga region and resistant to various harmful organisms has always been an urgent task for breeders of the Tatarstan Republic. In the present paper, the potato cultivars bred at the Tatar Research Institute of Agriculture – Kazan Scientific Center of the Russian Academy of Sciences, were taken as an example for demonstrating the results of application and elaboration of methodological approaches that are currently developed at the N.I. Vavilov Institute of Plant Genetic Resources (VIR) for the preparing of nomenclatural standards and their genotyping. At the initiative of the VIR researchers in collaboration with the authors of potato cultivars E.A. Gimaeva and Z. Stashevski plant material was collected and nomenclatural standards for potato cultivars bred at the Kazan Scientific Center of the Russian Academy of Sciences were prepared. Four nomenclatural standards for Tatarstan potato cultivars (‘Zumba’, ‘Kortni’, ‘Reggi’, ‘Samba’) were prepared in accordance with the provisions of the International Code of Nomenclature For Cultivated Plants, registered in the VIR Herbarium Database, and transferred to the VIR herbarium type collection. Besides, voucher specimens of cv. ‘Tango’ and breeding clone ‘Sal'sa’, which is undergoing the State Variety Test at present, were produced. Genetic passports of Tatarstan varieties (‘Zumba’, ‘Kortni’, ‘Reggi’, ‘Samba’) and one breeding clone (‘Sal'sa’)* were developed using DNA samples from plant material transferred by the authors of the cultivars to the VIR herbarium. The genetic passports include information of the polymorphism of eight chromosome-specific microsatellites, data on the presence/absence of the diagnostic fragments of 15 markers of the 11 *R*-genes conferring resistance to various harmful organisms and the information about cytoplasm types. A comparison of the data from genetic passports developed using DNA samples from nomenclatural standard specimens with the results of genotyping of 22 samples of Tatarstan cultivars obtained from different sources (e.g., samples undergoing ecogeographic tests within the framework of the Comprehensive Research Plan of the subprogram “Development of potato breeding and seed production in the Russian Federation”; as well as accessions from the VIR *in vitro* collection) made it possible to assess the authenticity and uniformity of the studied plant material.

Key words: *Solanum tuberosum* L, VIR herbarium, WIR, morphological characters, DNA markers, SSR analysis, genotyping, molecular screening.

Для цитирования: Фомина Н.А., Антонова О.Ю., Чухина И.Г., Гимаева Е.А., Сташевски З., Гавриленко Т.А. Номенклатурные стандарты и генетические паспорта сортов картофеля селекции Татарского НИИСХ «Казанский научный центр РАН». *Биотехнология и селекция растений*. 2020;3(3):55-67. DOI: 10.30901/2658-6266-2020-3-o4

For citation: Fomina N.A., Antonova O.Yu., Chukhina I.G., Gimaeva E.A., Stashevski Z., Gavrilenko T.A. Nomenclatural standards and genetic passports of potato cultivars bred by the Tatar Research Institute of Agriculture «Kazan Scientific Center of the Russian Academy of Sciences». *Plant Biotechnology and Breeding*. 2020;3(3):55-67. (In Russ.). DOI: 10.30901/2658-6266-2020-3-o4

Fomina N.A. https://orcid.org/0000-0002-4401-4995
Antonova O.Yu. https://orcid.org/0000-0001-8334-8069
Chukhina I.G. https://orcid.org/0000-0003-3587-6064
Gimaeva E.A. https://orcid.org/0000-0003-2574-4009
Stashevski Z. https://orcid.org/0000-0001-9844-0538
Gavrilenko T.A. https://orcid.org/0000-0002-2605-6569

УДК 635.21:631.523+631.526.32
Поступила в редакцию: 21.10.2020
Принята к публикации: 10.12.2020

Введение

Начало исследований по селекции различных культур в Среднем Поволжье связано с историей Казанской сельскохозяйственной опытной станции, основанной еще в 1920 году, переименованной в 1969 году в Татарский научно-исследовательский институт сельского хозяйства, который как обособленное структурное подразделение вошел в 2017 году в ФИЦ «Казанский научный центр РАН» (ТатНИИСХ – ОСП ФИЦ КазНЦ РАН). Еще в середине прошлого века в Татарстане под руководством профессора А.Ф. Демидовича проводились исследования в области семеноводства и селекции картофеля, в результате был выведен высокоурожайный сорт картофеля ‘Казанский-520’, устойчивый к засухе, фитофторозу, крахмалистый, хорошо лежкий.

Снижение урожайности сортов картофеля вызывают периодические засухи, характерные для Среднего Поволжья, а также фузариоз, ризоктониоз, различные виды парши и вирусные болезни (Zamalieva, 2013). Выведение сортов картофеля, адаптированных к климатическим условиям Среднего Поволжья и устойчивых к различным вредным организмам, было и является актуальной задачей для селекционеров республики Татарстан (Il'in, Blagoveshchenskij, 1970; Zamalieva, 2013; Stashevski et al., 2013, 2019). Селекционные исследования по выведению сортов картофеля, адаптированных к условиям среднего Поволжья, активизировались в 2000 годах. За последнее десятилетие в ТатНИИСХ – ОСП ФИЦ КазНЦ РАН создано пять сортов картофеля, четыре из которых включены в Государственный реестр селекционных достижений, допущенных к использованию (далее - Госреестр).

В ВИРе разрабатывается новая стратегия регистрации в генбанке современных отечественных сортов вегетативно размножаемых культур, основанная на использовании комплекса ботанических, молекулярно-генетических и биотехнологических методов, направленных на создание номенклатурного стандарта сорта в соответствии с правилами Международного кодекса номенклатуры культурных растений (МКНКР) (Brickell et al., 2016); разработку генетического паспорта с использованием ДНК, выделенной из растительного материала, переданного автором сорта в гербарную коллекцию ВИР; и сохранение генотипированного образца сорта в *in vitro* и в крио коллекциях (Gavrilenko, Chukhina, см. в этом же выпуске).

Такой методический подход был реализован на примере сортов картофеля селекции ТатНИИСХ – ОСП ФИЦ КазНЦ РАН. По инициативе сотрудников ВИР совместно с авторами сортов Е.А. Гимаевой и З. Сташевски проведены совместные работы по сбору растительного материала и оформлению номенклатурных стандартов сортов картофеля, выведенных в Республике Татарстан. Оформление номенклатурных стандартов выполнено в соответствии с положениями МКНКР (Brickell et al., 2016). В настоящей статье публикуются номенклатурные стандарты и генетические паспорта сортов: ‘Зумба’, ‘Кортни’, ‘Регги’, ‘Самба’. Для сорта ‘Танго’ и предсорта ‘Сальса’, находящегося в Госсортоиспытании, были оформлены гербарные ваучеры. В генетический паспорт номенклатурных стандартов сортов включали только те данные, которые были получены с использованием ДНК, выделенной из растительного материала, собранного и переданного авторами сортов в Гербарий ВИР со всеми официальными документами. Данные генетических паспортов использовали в качестве контролей для проверки подлинности и однородности образцов татарстанских сортов, полученных из различных источников, главным образом, из разных выборок эколого-географических испытаний, которые в 2016-2019 годах проводились в ВИРе и во ВНИИ Картофельного Хозяйства им. А.Г. Лорха (ВНИИКХ) по Комплексному Плану Научных Исследований подпрограммы «Развитие селекции и семеноводства картофеля в Российской Федерации» (далее – КПНИ_ЭГИ).

Материалы и методы

Растительный материал. В 2019 году в гербарную коллекцию ВИР из ТатНИИСХ – ОСП ФИЦ КазНЦ РАН поступил растительный материал четырех селекционных сортов картофеля (‘Зумба’, ‘Кортни’, ‘Регги’, ‘Самба’), созданных в этом институте, а также предсорта ‘Сальса’, находящегося в Госсортоиспытании. Сорта ‘Кортни’ и ‘Самба’ – результат совместной селекции с ВНИИ картофельного хозяйства (ВНИИКХ) им. А.Г. Лорха. Сбор растительного материала, его передача в Гербарий ВИР и подготовка к оформлению номенклатурных стандартов сортов картофеля были проведены согласно разработанному в ВИРе протоколу (Gavrilenko, Chukhina, см. в этом же выпуске).

Один из авторов сортов – Е.А. Гимаева – передала 9 июля 2019 года в гербарную коллекцию ВИР побеги с соцветиями, собранные с растений, росших на опытном поле ТатНИИСХ – ОСП ФИЦ КазНЦ РАН; позднее – 18 ноября 2019 года – соавтор сортов З. Сташевски собрал и передал в ВИР клубни этих сортов. Растительный материал был передан авторами сортов вместе с официальными документами, такими как «Авторское свидетельство», «Анкета сорта – Форма N 378», Описания селекционных достижений, Патенты, а также Акты передачи материала (приложение 1/ Supplement 1[1]).

Ранее, в 2018 году, для оформления ваучерного образца в гербарную коллекцию ВИР были переданы побег и клубень, собранные с одного и того же растения образца сорта ‘Танго’, выращенного во ВНИИКХ им. А.Г. Лорха, из выборки образцов КПНИ_ЭГИ-2018.

Небольшое количество растительного материала, переданного в гербарную коллекцию ВИР для оформ-

1 Supplements 1, 2, 3 are available in the online version of the paper: https://doi.org/10.30901/2658-6266-2020-3-o4

ления номенклатурных стандартов и ваучеров, было использовано для выделения ДНК и разработки генетических паспортов сортов, выведенных в ТатНИИСХ – ОСП ФИЦ КазНЦ РАН.

Кроме того, в молекулярно-генетические исследования были включены дополнительные 22 образца татарстанских сортов, полученные из трех различных источников, с целью проверки их идентичности номенклатурным стандартам и гербарным ваучерам:

- образцы сортов: ‘Зумба’, ‘Кортни’, ‘Регги’, ‘Самба’, ‘Танго’ из выборки КПНИ_ЭГИ-2016 и выборки КПНИ_ЭГИ-2017, выращенные на опытном участке Научно-Производственной Базы «Пушкинские и Павловские лаборатории ВИР»;
- образцы сортов ‘Зумба’, ‘Кортни’, ‘Регги’, ‘Самба’, ‘Танго’ из выборки КПНИ_ЭГИ-2018 и сорт ‘Зумба’ – из выборки КПНИ_ЭГИ-2019, выращенные на опытном поле ВНИИКХ им. А.Г. Лорха;
- образцы пробирочных растений сортов ‘Зумба’, ‘Сальса’, ‘Кортни’, ‘Регги’, ‘Самба’, ‘Танго’ из *in vitro* коллекции ВИР.

Оформление номенклатурных стандартов. Перед гербаризацией проводили фотографирование морфологических признаков переданного растительного материала и их сопоставление с признаками, указанными в «Анкете сорта» и в «Описании селекционного достижения» (приложение 1/ Supplement 1). Высушивание переданного растительного материала и оформление гербарного листа проводили в соответствии с методическими указаниями «Гербаризация культурных растений» (Belozor, 1989). У оставшихся после гербаризации клубней фотографировали появившиеся через три месяца световые ростки, а также оценивали соответствие их признаков указанным в «Анкете сорта» и в «Описании селекционного достижения» (см. приложение 1/ Supplement 1). Фотографии впоследствии размещали на гербарном листе.

На гербарной этикетке, помимо названия сорта, информации о происхождении и месте сбора растительного материала, Ф.И.О. коллектора и специалиста, идентифицировавшего сорт, указаны регистрационный номер образца в Гербарии ВИР и интродукционный номер (и-) образца.

Выделение ДНК. Выделение ДНК проводили методом CTAB-экстракции, модифицированным в отделе биотехнологии ВИР (Gavrilenko et al., 2013), с небольшими изменениями (Antonova et al., см. в следующем выпуске). Каждый образец был представлен разным числом ДНК-препаратов, полученных из тканей листьев, кожуры клубней и/или световых ростков; всего в исследовании были использованы 42 препарата ДНК.

В качестве дополнительного контроля, были использованы семь препаратов ДНК, полученные из «ФИЦ «Фундаментальные основы биотехнологии» РАН» от д.б.н. Е.З. Кочиевой, выделенные из образцов выборок КПНИ_ЭГИ-2018 (‘Зумба’, ‘Кортни’, ‘Регги’, ‘Самба’, ‘Танго’) и КПНИ_ЭГИ-2019 (‘Зумба’, ‘Сальса’), росших на опытном поле ВНИИКХ им. А.Г. Лорха.

Генотипирование сортов с использованием SSR маркеров. Для проведения SSR-генотипирования использованы восемь пар праймеров, включая: STM2005 (Milbourne et al., 1998), StI046 (Feingold et al., 2005) и шесть (STG0016, StI004, StI032, StI033, STM0037, STM5114) из набора PGI (Potato Genetic Identification, Ghislain et al., 2009), разработанные для амплификации хромосомспецифичных микросателлитных локусов, отличающихся высоким уровнем полиморфизма. Этот набор из восьми пар SSR-праймеров успешно применен для молекулярно-генетической идентификации 77 российских сортов картофеля (Antonova et al., 2020, см. в следующем выпуске). SSR анализ проводили с использованием ПЦР с флуоресцентно меченными праймерами. ПЦР проводили в реакционной смеси объемом 14 мкл, содержащей: 40 нг ДНК; однократный реакционный буфер Диалат (состав которого определен фирмой-изготовителем); 2,5 мМ $MgCl_2$, 0,5 мМ каждого из дезоксирибонуклеотидов; 500 нМ каждого из праймеров; 1 единицу Taq-полимеразы (Диалат) и 100 нМ прямого праймера M13, маркированного флуоресцентным красителем IRD700 или IRD800. Условия ПЦР соответствовали рекомендациям разработчиков праймеров, в ряде случаев условия ПЦР были оптимизированы нами путем введения функции TOUCHDOWN (Antonova et al., 2020, см. в следующем выпуске). Разделение продуктов ПЦР выполняли в 8 % денатурирующем полиакриламидном геле на приборе LI-COR 4300S DNA Analyzer с лазерной детекцией фрагментов с использованием методики, предложенной фирмой-изготовителем. Обработку изображений проводили при помощи пакета программ Saga 2. В качестве маркеров молекулярного веса использовали флуоресцентномеченные маркеры фирмы Li-Cor «50-350 bp».

Молекулярный скрининг сортов с использованием SCAR и CAPS маркеров. В генетический паспорт включена информация о наличии или отсутствии диагностических фрагментов 15 маркеров 11 *R*-генов устойчивости к болезням и вредителям. В молекулярном скрининге использованы маркеры:

- трех генов устойчивости к вирусу PVY: Ry_{sto} (YES3-3A, YES3-3B (Song, Schwarzfischer, 2008)), $Ry\text{-}f_{sto}$ (GP122-406/EcoRV (Flis et al., 2005; Valkonen et al., 2008)), Ry_{adg} (RYSC3 гена (Kasai et al., 2000));
- гена *Rx1* устойчивости к вирусу PVX (1Rx1, 5Rx1 (Ahmadvand et al., 2013));
- генов устойчивости к *Phytophthora infestans*: *R1* (R1 (Ballvora et al., 2002)), *R3a* (RT-R3a (Huang et al., 2005)), *Rpi-sto1/Rpi-blb1* (BLB1F/R (Wang et al., 2008); Rpi-sto1 (Zhu et al., 2012));
- двух генов устойчивости к *Globodera rostochiensis*

(патотип Ro 1): *H1* (57R (Schultz et al., 2012), N146 и N195 (Takeuchi et al., 2009)) и *Gro1-4* (Gro1-4-1 (Asano et al., 2012));
- гена *Gpa2* устойчивости к *Globodera pallida* (патотипы Pa2, Pa3) (Gpa2-2 (Asano et al., 2012)).

Типы цитоплазм сортов определяли с помощью набора праймеров, предложенного К. Хосака, Р. Санетомо (Hosaka, Sanetomo, 2012).

При осуществлении ПЦР с маркерами *R*-генов реакционная смесь объемом 20 мкл содержала: 40 нг ДНК; однократный реакционный буфер Dialat (состав которого определен фирмой-изготовителем); 2,5 мМ $MgCl_2$; 0,5 мМ каждого из дезоксирибонуклеотидов; 500 нМ каждого из праймеров и 1 единицу Taq-полимеразы (Диалат).

Программы для проведения ПЦР с большинством из перечисленных выше маркеров соответствовали условиям, рекомендованным разработчиками соответствующих праймеров. Для четырех пар праймеров программы ПЦР были модифицированы нами путем введения функции TOUCHDOWN:
- для YES3-3A и для N195: 94°C 3 минуты 30 секунд, 5 циклов [94°C 45 секунд, 60°C 1 минута, с понижением температуры отжига на 1°C за цикл, 72°C 1 минута], 35 циклов [94°C 40 секунд, 55°C 40 сек., 72°C 1 минута] и в заключении 72°C 10 минут;
- для 57R и для Gro1-4-1: 94°C 3 минут 30 секунд, 5 циклов [94°C 45 секунд, 65°C 1 минута, с понижением температуры отжига на 1°C за цикл, 72°C 1 минута], 35 циклов [94°C 45 секунд, 60°C 45 секунд, 72°C 45 секунд] и в заключении 72°C 10 минут.

В случае CAPS маркера GP122-406/EcoRV рестрикцию проводили с использованием фермента фирмы СибЭнзим по протоколу фирмы-изготовителя. Реакционная смесь объемом 30 мкл содержала: 10 мкл ПЦР-смеси, 1x реакционный буфер W (10 mM трис-HCl, pH 8,5; 10 mM $MgCl_2$; 100 mM NaCl, 1 mM ДТТ), 100 мкг/мл BSA (бычий сывороточный альбумин) и 1 ед. EcoRV. Обработку проводили при 37°C в течение ночи.

В качестве положительных контролей при проведении молекулярного скрининга использовали сорта ‘Сударыня’ для маркеров YES3-3A, YES3-3B, GP122-406/EcoRV, Rpi-sto1, BLB1F/R, Gro1-4-1, 57R, N146, N195 (Gavrilenko et al., 2018); ‘Снегирь’ и ‘Лига’ для маркеров RT-R3a, R1 (Gavrilenko et al., 2018); ‘Эффект’ для RYSC3 (Gavrilenko et al., 2009); ‘Sante’ – для 1Rx1 и 5Rx1 (Ahmadvand et al., 2013), и ‘Даная’ – для Gpa2-2 (Gavrilenko et al., 2018).

Продукты ПЦР разделяли электрофорезом в 2% агарозном геле в буфере TBE с последующей окраской бромистым этидием и визуализацией в УФ-свете.

Оформление генетических паспортов. Генетические паспорта сортов ‘Зумба’, ‘Кортни’, ‘Регги’, ‘Самба’ разрабатывались на основании результатов SSR анализа и молекулярного скрининга, выполненных с использованием ДНК, выделенной из номенклатурных стандартов. Генетический паспорт предсорта ‘Сальса’ составлен по данным генотипирования, проведенного с использованием ДНК, выделенной из растительного материала, переданного авторами этого предсорта в Гербарий ВИР.

Для ‘Танго’ публикуется маркерный профиль ваучерного образца сорта, поскольку в этом случае была использована ДНК, выделенная из образца, переданного в гербарий из ВНИИКХ им. А.Г. Лорха.

Генетические паспорта также содержат информацию о годе внесения сорта в Госреестр, коде сорта в Госреестре, номере патента, авторах сорта, методе выведения сорта. При заполнении этих данных использована информация из Госреестра, Авторских свидетельств и Патентов на селекционное достижение (см. приложение 1/ Supplement 1). Информация о предсорте ‘Сальса’ получена от авторов и зафиксирована в Акте передачи растительного материала. Информация о методе выведения сорта указана по данным «Анкеты сорта».

Результаты и обсуждение

Создание номенклатурных стандартов сортов картофеля

Растительный материал для оформления номенклатурных стандартов был собран с растений авторами сортов на опытном поле ТатНИИСХ – ОСП ФИЦ КазНЦ РАН и передан в гербарную коллекцию ВИР в 2019 году, в июле – побеги и в ноябре – клубни четырех сортов: ‘Зумба’, ‘Кортни’, ‘Регги’, ‘Самба’ и предсорта ‘Сальса’. Годом ранее, для оформления ваучерного образца в гербарную коллекцию ВИР были переданы побег и клубень, собранные с одного и того же растения сорта ‘Танго’, выращенного во ВНИИКХ им. А.Г. Лорха (образец из выборки КПНИ_ЭГИ-2018).

Сразу после поступления растительного материала в Гербарий ВИР, проведено фотографирование и описание морфологических признаков переданных побегов с соцветиями и позднее – клубней. Перед гербаризацией материала небольшое количество растительной ткани отбирали для выделения ДНК.

В результате анализа морфологических признаков переданного растительного материала было подтверждено их соответствие характеристикам, указанным в официальных документах каждого сорта – в «Анкете сорта» и в «Описании селекционного достижения».

В феврале 2020 года на клубнях появились световые ростки, признаки которых важны для идентификации сорта; световые ростки также фотографировали.

В мае 2020 года проросшие клубни были высажены на опытном поле НПБ «Пушкинские и Павловские лаборатории ВИР» (г. Пушкин, Санкт-Петербург) для получения первой клубневой репродукции и документации дополнительных морфологических признаков. В 2020 году у этих растений были собраны, высушены и поме-

щены на гербарные листы цветки. Фотографии соцветий, цветков, клубней и световых ростков сортов были размещены на гербарных листах (см. табл. 1-4).

Оформленные номенклатурные стандарты четырех сортов картофеля (‘Зумба’, ‘Кортни’, ‘Регги’, ‘Самба’) были зарегистрированы в Базе Данных «Гербарий ВИР» и переданы на хранение в типовой фонд гербария ВИР. Также были оформлены и зарегистрированы ваучерные гербарные образцы предсорта ‘Сальса’ и сорта ‘Танго’.

Номенклатурные стандарты / Nomenclatural standards

Solanum tuberosum L., сорт ‘Зумба’ (‘Zumba’)*

Nomenclatural standard designated here: «Происхождение: ФГБУН «Федеральный исследовательский центр «Казанский научный центр Российской академии наук». Репродукция: опытное поле Татарского НИИСХ – ОСП ФИЦ КазНЦ. Собр.: побег 09.07.2019 Гимаева Е.А., клубень 18.11.2019 Сташевски З. Опр.: побег 09.07.2019 Гимаева Е.А., клубень 18.11.2019 Сташевски З. и – 633211; **WIR-53981**» (см. табл. 1).

Примечание. На гербарном листе номенклатурного стандарта представлены фото соцветия сделанное при передаче в гербарий в июле 2019 г.; фото клубня, переданного авторами в ноябре 2019 г., сделанное в ВИР в декабре 2019 г.; фото светового ростка – в феврале 2020 г.

Solanum tuberosum L., сорт ‘Кортни’ (‘Kortni’)

Nomenclatural standard designated here: «Происхождение: ФГБУН «Федеральный исследовательский центр «Казанский научный центр Российской академии наук», ФГБНУ «ВНИИ картофельного хозяйства им. А.Г. Лорха». Репродукция: опытное поле Татарского НИИСХ – ОСП ФИЦ КазНЦ. Собр.: побег 09.07.2019 Гимаева Е.А., клубень 18.11.2019 Сташевски З. Опр.: побег 09.07.2019 Гимаева Е.А., клубень 18.11.2019 Сташевски З. и – 633212; **WIR-53982**» (см. табл. 2).

Примечание. На гербарном листе номенклатурного стандарта представлены фото соцветия сделанное в июле 2019 г.; фото клубня, переданного авторами в ноябре 2019 г., сделанное в ВИР в декабре 2019 г.

Solanum tuberosum L., сорт ‘Регги’ (‘Reggi’)

Nomenclatural standard designated here: «Происхождение: ФГБУН «Федеральный исследовательский центр «Казанский научный центр Российской академии наук». Репродукция: опытное поле Татарского НИИСХ –ОСП ФИЦ КазНЦ. Собр.: побег 09.07.2019 Гимаева Е.А., клубень 18.11.2019 Сташевски З. Опр.: побег 09.07.2019 Гимаева Е.А., клубень 18.11.2019 Сташевски З. и – 633213; **WIR-53983**» (см. табл. 3).

Примечание. На гербарном листе номенклатурного стандарта представлены фото соцветия сделанное в июле 2019 г.; фото клубня, переданного авторами в ноябре 2019 г., сделанное в ВИР в декабре 2019 г.; фото светового ростка – в феврале 2020 г.; конверт со вложенным в него высушенным в июле 2020 г. цветком и его фото.

Solanum tuberosum L., сорт ‘Самба’ (‘Samba’)

Nomenclatural standard designated here: «Происхождение: ФГБУН «Федеральный исследовательский центр «Казанский научный центр российской академии наук», ФГБНУ «ВНИИ картофельного хозяйства им. А.Г. Лорха». Репродукция: опытное поле Татарского НИИСХ – ОСП ФИЦ КазНЦ. Собр.: побег 09.07.2019 Гимаева Е.А., клубень 18.11.2019 Сташевски З. Опр.: побег 09.07.2019 Гимаева Е.А., клубень 18.11.2019 Сташевски З. и – 633214; **WIR-53984**» (см. табл. 4).

Примечание. На гербарном листе номенклатурного стандарта представлены фото соцветия сделанное в июле 2019 г.; фото клубня, переданного авторами в ноябре 2019 г., сделанное в ВИР в декабре 2019 г.; фото светового ростка – в феврале 2020 г.; конверт, с вложенным в него высушенным в июле 2020 г. цветком.

Ваучерные образцы/Voucher specimens

Solanum tuberosum L., селекционный клон ‘Сальса’ (‘Sal’sa’)

Voucher specimen designated here: «Происхождение: Татарский НИИСХ – ОСП ФИЦ Казанский НЦ. Репродукция: опытное поле Татарского НИИСХ – ОСП ФИЦ КазНЦ. Собр.: побег 09.07.2019 Гимаева Е.А., клубень 18.11.2019 Сташевски З. Опр.: побег 09.07.2019 Гимаева Е.А., клубень 18.11.2019 Сташевски З. и – 633215; **WIR-53985**».

Solanum tuberosum L., сорт ‘Танго’ (‘Tango’)

Voucher specimen designated here: «Происхождение: Татарский НИИСХ – ОСП ФИЦ Казанский НЦ. Репродукция: Московская обл., п. Красково, опытное поле ВНИИКХ (ЭБ «Коренево»). Собр.: побег 10.07.2018 Мелешин А.А., клубень 20.08.2018 Мелешин А.А., Опр.: побег 10.07.2018 Мелешин А.А., клубень 20.08.2018 Мелешин А.А. **WIR-54095**».

***Примечание. Транслитерация названий сортов здесь и далее дана в соответствии с рекомендацией 33А МКНКР (Brickell et al., 2016).**

***Note. Transliteration of cultivar names hereinafter is given in accordance with ICNCR recommendation 33A (Brickell et al., 2016).**

Таблица 1. Номенклатурный стандарт и генетический паспорт сорта картофеля ‘Зумба’ (WIR - 53981)
Table 1. Nomenclatural standard and genetic passport of potato cultivar ‘Zumba’ (WIR - 53981)

Номенклатурный стандарт / Nomenclatural standard (WIR - 53981)

Генетический паспорт / Genetic passport	
Происхождение	ФГБУН ‘Федеральный исследовательский центр ‘Казанский научный центр Российской академии наук’
Год внесения в Госреестр	2020
Код сорта в Госреестре	8262424
№ патента	10972
Авторы:	Гимаева Е.А., Вологин С.Г., Гизатулина А.Т., Замалиева Ф.Ф., Кузьминова О.А., Назмиева Р.Р., Салихова З.З., Сафиуллина Г.Ф., Сташевски З.
Метод выведения – сорт получен путем:	Контролируемое скрещивание Удача × 21-98
SSR локус:	Размер (п.н.):
STG0016	123; 132; 135
StI004	94; 100
StI032	109; 121; 124
StI033	113; 131; 134
StI046	191; 200; 203; 206
STM0037	72; 78; 80
STM2005	166
STM5114	280; 286; 295

Маркеры *R*-генов устойчивости к вредным организмам:																		
Вредный организм:	PVY				PVX		*Phytophthora infestans*				*Globodera pallida* (Pa 2,3)	*Globodera rostochiensis* (Ro 1)				Устойчивость к *G. rostochiensis* (Ro 1) (Госреестр)	Тип цитоплазмы
Ген:	Ry_{sto}/ $Ry\text{-}f_{sto}$			Ry_{adg}	*Rx1*		*Rpi-sto1*, *Rpi-blb1*		*R1*	*R3a*	*Gpa2*	*Gro1-4*	*H1*				
Маркер есть (+) / нет (0):	YES3-3A	YES3-3B	GP122-406/EcoRV	RYSC3	1Rx1	5Rx1	Rpi-sto1	BLB1F/R	R1	RT-R3a	Gpa2-2	Gro1-4-1	57R	N146	N195		
	0	0	0	0	0	0	0	0	0	+	0	0	0	0	0	S	D (W/α)

Таблица 2. Номенклатурный стандарт и генетический паспорт сорта картофеля ‘Кортни’ (WIR - 53982)
Table 2. Nomenclatural standard and genetic passport of potato cultivar ‘Kortni’ (WIR - 53982)

Номенклатурный стандарт / Nomenclatural standard (WIR - 53982)

Генетический паспорт / Genetic passport	
Происхождение	ФГБУН ‘Федеральный исследовательский центр ‘Казанский научный центр Российской академии наук’, ФГБНУ ‘ВНИИ картофельного хозяйства им. А.Г. Лорха’
Год внесения в Госреестр	2016
Код сорта в Госреестре	8653880
№ патента	8184
Авторы:	Склярова Н.П., Сташевски З., Замалиева Ф.Ф., Гимаева Е.А., Вологин С.Г., Салихова З.З., Гизатуллина А.Т., Назмиева Р.Р., Сафиуллина Г.Ф.
Метод выведения – сорт получен путем:	Контролируемое скрещивание 91.3.29 × Аусония
SSR локус:	Размер (п.н.):
STG0016	123; 132
StI004	76; 79; 100
StI032	109; 121; 124
StI033	125; 131; 134
StI046	191; 194; 200
STM0037	74; 78; 88
STM2005	154; 166
STM5114	286; 295; 304

Маркеры *R*-генов устойчивости к вредным организмам:																		
Вредный организм:	PVY				PVX		*Phytophthora infestans*				*Globodera pallida* (Pa 2,3)	*Globodera rostochiensis* (Ro 1)				Устойчивость к *G. rostochiensis* (Ro 1) (Госреестр)	Тип цитоплазмы
Ген:	Ry_{sto}/ $Ry\text{-}f_{sto}$			Ry_{adg}	*Rx1*		*Rpi-sto1*, *Rpi-blb1*		*R1*	*R3a*	*Gpa2*	*Gro1-4*	*H1*				
Маркер есть (+) / нет (0):	YES3-3A	YES3-3B	GP122-406/EcoRV	RYSC3	1Rx1	5Rx1	Rpi-sto1	BLB1F/R	R1	RT-R3a	Gpa2-2	Gro1-4-1	57R	N146	N195		
	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	+	+	+	R	D (W/α)

Таблица 3. Номенклатурный стандарт и генетический паспорт сорта картофеля ‘Регги’ (WIR - 53983)
Table 3. Nomenclatural standard and genetic passport of potato cultivar ‘Reggi’ (WIR - 53983)

Номенклатурный стандарт / Nomenclatural standard (WIR - 53983)

Генетический паспорт / Genetic passport	
Происхождение	ФГБУН ‘Федеральный исследовательский центр ‘Казанский научный центр Российской академии наук’
Год внесения в Госреестр	2016
Код сорта в Госреестре	8653879
№ патента	8185
Авторы:	Удовицкий А.С., Сташевски З., Замалиева Ф.Ф., Гимаева Е.А., Вологин С.Г., Салихова З.З., Гизатуллина А.Т., Назмиева Р.Р., Сафиуллина Г.Ф.
Метод выведения – сорт получен путем:	Контролируемое скрещивание Этюд × Ермак
SSR локус:	Размер (п.н.):
STG0016	132; 135
StI004	76; 100
StI032	121; 124
StI033	113; 119; 131; 134
StI046	188; 194; 203; 206
STM0037	78; 80
STM2005	148; 154
STM5114	280; 286; 295

Маркеры *R*-генов устойчивости к вредным организмам:																		
Вредный организм:	PVY				PVX		*Phytophthora infestans*				*Globodera pallida* (Pa 2,3)	*Globodera rostochiensis* (Ro 1)				Устойчивость к *G. rostochiensis* (Ro 1) (Госреестр)	Тип цитоплазмы
Ген:	Ry_{sto}/ $Ry\text{-}f_{sto}$			Ry_{adg}	*Rx1*		*Rpi-sto1*, *Rpi-blb1*	*R1*	*R3a*		*Gpa2*	*Gro1-4*	*H1*				
Маркер есть (+) / нет (0):	YES3-3A	YES3-3B	GP122-406/EcoRV	RYSC3	1Rx1	5Rx1	Rpi-sto1	BLB1F/R	R1	RT-R3a	Gpa2-2	Gro1-4-1	57R	N146	N195		
	0	0	0	+	0	0	0	0	0	+	0	0	0	0	0	S	D (W/α)

Таблица 4. Номенклатурный стандарт и генетический паспорт сорта картофеля ‘Самба’ (WIR - 53984)
Table 4. Nomenclatural standard and genetic passport of potato cultivar ‘Samba’ (WIR - 53984)

Номенклатурный стандарт / Nomenclatural standard (WIR - 53984)

Генетический паспорт / Genetic passport	
Происхождение	ФГБУН ‘Федеральный исследовательский центр ‘Казанский научный центр Российской академии наук’, ФГБНУ ‘ВНИИ картофельного хозяйства им. А.Г. Лорха’
Год внесения в Госреестр	2019
Код сорта в Госреестре	8355685
№ патента	10103
Авторы:	Вологин С.Г., Гизатуллина А.Т., Гимаева Е.А., Замалиева Ф.Ф., Кузьминова О.А., Назмиева Р.Р., Салихова З.З., Сафиуллина Г.Ф., Склярова Н.П., Сташевски З.
Метод выведения – сорт получен путем:	Контролируемое скрещивание 91.29/2 × Аусония
SSR локус:	Размер (п.н.):
STG0016	123; 132; 135
StI004	76; 79; 100
StI032	109; 121; 124
StI033	131; 134
StI046	194; 200; 206
STM0037	72; 80
STM2005	н/д
STM5114	286; 304

Маркеры *R*-генов устойчивости к вредным организмам:																		
Вредный организм:	PVY				PVX		*Phytophthora infestans*				*Globodera pallida* (Pa 2,3)	*Globodera rostochiensis* (Ro 1)				Устойчивость к *G. rostochiensis* (Ro 1) (Госреестр)	Тип цитоплазмы
Ген:	Ry_{sto}/ $Ry\text{-}f_{sto}$			Ry_{adg}	*Rx1*		*Rpi-sto1*, *Rpi-blb1*		*R1*	*R3a*	*Gpa2*	*Gro1-4*	*H1*				
Маркер есть (+) / нет (0):	YES3-3A	YES3-3B	GP122-406/EcoRV	RYSC3	1Rx1	5Rx1	Rpi-sto1	BLB1F/R	R1	RT-R3a	Gpa2-2	Gro1-4-1	57R	N146	N195		
	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	+	+	+	+	S	D (W/α)

Генотипирование сортов с использованием ядерных SSR маркеров

Данные об аллельном составе восьми хромосомспецифичных микросателлитных локусов у четырех номенклатурных стандартов сортов: ‘Зумба’, ‘Кортни’, ‘Регги’, ‘Самба’ и у предсорта ‘Сальса’ включены в их генетические паспорта (см. табл. 1-4; приложение 2/ Supplement 2). SSR-профиль образца сорта ‘Танго’ приведен в приложении 3 (Supplement 3).

В дальнейшем, SSR-профили номенклатурных стандартов и гербарных ваучеров использовали в качестве контролей для оценки подлинности и генетической однородности образцов одноименных сортов, полученных из разных источников – из выборок КПНИ_ЭГИ и образцов из *in vitro* коллекции ВИР. Так, при помощи тех же самых восьми SSR пар праймеров было проведено генотипирование 22 образцов татарстанских сортов, переданных в ВИР из различных источников (см. раздел Материал и методы). Сопоставление всех полученных данных показало, что SSR-профили образцов одноименных сортов совпали между собой и совпали с аллельным составом проанализированных SSR локусов соответствующих номенклатурных стандартов и гербарных ваучеров (рис. 1).

Молекулярный скрининг сортов с использованием SCAR и CAPS маркеров

Данные об аллельном составе 8 SSR локусов, размещенные в генетических паспортах, были дополнены результатами молекулярного скрининга, выполненного с использованием тех же самых ДНК-препаратов. По результатам скрининга, проведенного с использованием 15 маркеров 11 генов, контролирующих устойчивость к различным вредным организмам, у изученных сортов были выявлены диагностические фрагменты семи маркеров пяти *R*-генов:

- маркер RYSC3 гена Ry_{adg} устойчивости к вирусу PVY выявлен только у сорта ‘Регги’ (см. табл. 3),
- маркеры R1 и RT-R3a соответственно двух генов *R1* и *R3a* расоспецифичной устойчивости к возбудителю фитофтороза выявлены у нескольких сортов: у сорта ‘Танго’ детектированы оба маркера этих генов (приложение 3/ Supplement 3) и у трех сортов ‘Зумба’, ‘Регги’, ‘Сальса’ выявлен только маркер RT-R3a гена *R3a* (см. табл. 1-2, приложение 2/ Supplement 2);
- маркеры генов устойчивости к золотистой картофельной нематоде (ЗКН) (патотип Ro1) выявлены у двух сортов:

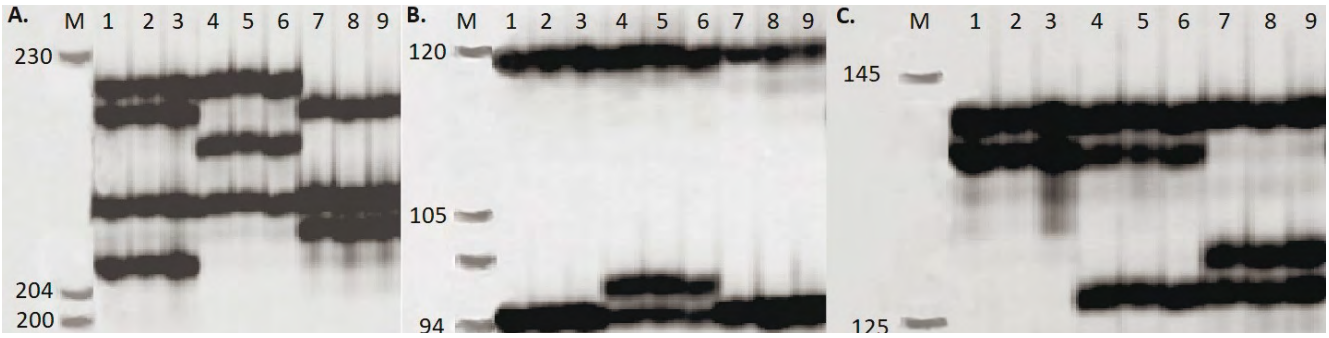


Рис. 1. Микросателлитные профили номенклатурных стандартов сортов картофеля, выведенных в Татарстане, и образцов тех же сортов, полученных из различных источников

A – SSR локус StI046, B – SSR локус StI004, C – SSR локус StI032.
M – маркер молекулярного веса; 1, 2 – номенклатурный стандарт сорта ‘Регги’; ДНК выделена, соответственно, из тканей побега и из кожуры клубня, переданных авторами сорта в гербарий ВИР; 3 – образец ‘Регги’ из выборки КПНИ_ЭГИ-2018; 4, 5 – номенклатурный стандарт сорта ‘Самба’, ДНК выделена, соответственно, из тканей побега и из кожуры клубня, переданных авторами сорта в гербарий ВИР; 6 – образец сорта ‘Самба’ из выборки КПНИ_ЭГИ-2018; 7 – образец сорта ‘Танго’ из выборки КПНИ_ЭГИ-2016; 8, 9 –ваучерный образец сорта ‘Танго’, ДНК выделена, соответственно, из тканей побега и из кожуры клубня. Наблюдаемый размер фрагментов на 19 п.н. больше реального за счет включенной в них последовательности прямого праймера M13.

Fig. 1. Microsatellite profiles in nomenclatural standards of the Tatarstan potato cultivars and samples of the same cultivars obtained from different sources

A – SSR locus StI046, B – SSR locus StI004, C – SSR locus StI032. M – molecular weight marker; 1, 2 – nomenclatural standard of cv. ‘Reggi’, DNA was isolated, respectively, from the stem and tuber skin which were submitted by the cultivar authors to the VIR herbarium; 3 – cv. ‘Reggi’ sample from the subset of CRP_EGT-2018; 4, 5 – nomenclatural standard of cv. ‘Samba’, DNA was isolated, respectively, from the stem and tuber skin which were submitted by the cultivar authors to the VIR herbarium; 6 – cv. ‘Samba’ sample from the subset of CRP_EGT-2018; 7 – cv. ‘Tango’ sample from the subset of CRP_EGT-2016; 8, 9 – cv. ‘Tango’ voucher specimen; DNA was isolated from the stem and tuber skin of this sample, respectively. The observed fragment size is 19 bp larger than that of the real one due to the inclusion of the M13 forward primer sequence.

- маркер Gro1-4-1 гена *Gro1-4* обнаружен у сорта ‘Самба’ (см. табл. 4),
- маркеры 57R, N146, N195 гена *H1* детектированы у ‘Кортни’ и ‘Самба’ (см. табл. 2, 4).

В настоящей работе у изученных сортов не были обнаружены диагностические фрагменты восьми маркеров шести генов устойчивости: *Rx1, Gpa2,* Ry_{sto}/$Ry\text{-}f_{sto}$, *Rpi-sto1/Rpi-blb1* (см. табл. 1-4, приложения 2-3/ Supplements 2-3).

В генетических паспортах сортов также приведены данные Госреестра об оценке фитопатологической устойчивости сортов к объекту внутреннего карантина - золотистой картофельной нематоде (ЗКН, патотип Ro1), которые сопоставлялись с результатами молекулярного скрининга сортов с маркерами генов *H1* и *Gro1-4*, контролирующих нематодоустойчивость (см. табл. 1-4). Наличие маркеров гена *H1* у сорта ‘Кортни’ согласуется с данными Госреестра об устойчивости сорта к ЗКН. Аналогично, данные об отсутствии маркеров генов *H1* и *Gro1-4* у сортов ‘Зумба’ и ‘Регги’ согласуются с информацией о восприимчивости этих сортов к ЗКН.

Исключение составил сорт ‘Самба’, который по данным Госреестра восприимчив к ЗКН. В то же время, с использованием ДНК номенклатурного стандарта, у ‘Самба’ детектированы три маркера (N146, N195, 57R) гена *H1* и маркер Gro1-4-1 гена *Gro1-4* (см. табл. 4).

Данные, полученные с использованием ДНК номенклатурных стандартов и гербарных ваучеров, не противоречили результатам скрининга одноименных образцов татарстанских сортов:
- с маркерами генов *H1* и *Gro1-4* (Kuzminova et al., 2014b; Klimenko et al., 2017);
- с маркером гена Ry_{adg} для сорта ‘Регги’ (Kuzminova et al., 2014a);
- с маркерами генов Ry_{adg}, Ry_{sto}/$Ry\text{-}f_{sto}$ для ‘Кортни’, ‘Самба’, ‘Танго’ (Antonova et al., 2018; Klimenko et al., 2019 – в этих работах были изучены образцы татарстанских сортов из разных выборок КПНИ_ЭГИ. В статьях Antonova et al., 2018; Klimenko et al., 2017 – в названии сорта ‘Самба’ была допущена опечатка: ‘Самбо’).

Ещё одним дополнительным признаком сорта является тип цитоплазмы. Для четырех сортов – ‘Кортни’, ‘Регги’, ‘Самба’ и ‘Танго’– тип цитоплазм D (W/α) был определен ранее (Gavrilenko et al., 2019) с использованием образцов разных выборок КПНИ_ЭГИ. В генетические паспорта сортов ‘Кортни’, ‘Регги’, ‘Самба’ включена информация о цитоплазме D (W/α), поскольку данный тип цитоплазмы подтвержден и в настоящей работе с использованием ДНК номенклатурных стандартов. Для сорта ‘Зумба’ и предсорта ‘Сальса’ тип цитоплазмы D (W/α) определен впервые (см. табл. 1-4, приложение 2/ Supplement 2). Таким образом, все проанализированные сорта, выведенные в ТатНИИСХ – ОСП ФИЦ КазНЦ РАН, обладают одним и тем же типом цитоплазмы D (W/α), интрогрессированным в селекционный генофонд от мексиканского вида *Solanum demissum* Lindl.

Заключение

В настоящей статье представлены результаты апробации разрабатываемых в ВИРе методических подходов к созданию номенклатурных стандартов отечественных сортов и их генетической паспортизации (Gavrilenko and Chukhina, в этом выпуске; Antonova et al., в следующем выпуске).

Созданы, зарегистрированы в Базе данных «Гербарий ВИР» и переданы в типовой фонд гербария ВИР номенклатурные стандарты сортов картофеля селекции ТатНИИСХ – ОСП ФИЦ КазНЦ РАН: ‘Зумба’, ‘Кортни’, ‘Регги’, ‘Самба’. Также зарегистрированы в Базе Данных «Гербарий ВИР» ваучерные образцы предсорта ‘Сальса’ и сорта ‘Танго’.

С использованием ДНК, выделенной из растительного материала, переданного авторами сортов в гербарную коллекцию ВИР для создания номенклатурных стандартов и ваучеров, разработаны генетические паспорта сортов: ‘Зумба’, ‘Кортни’, ‘Регги’, ‘Самба’ и одного предсорта ‘Сальса’. Образец сорта ‘Танго’ генотипирован с использованием ДНК, выделенной из образца этого сорта, переданного из ВНИИКХ им. А.Г. Лорха в Гербарий ВИР для оформления ваучера.

Сопоставление данных генетических паспортов, разработанных с использованием ДНК номенклатурных стандартов и гербарных ваучеров, с результатами генотипирования 22 образцов одноименных сортов, полученных из разных источников, позволило подтвердить подлинность и однородность изученного растительного материала.

Образцы сортов, выведенных в ТатНИИСХ – ОСП ФИЦ КазНЦ РАН, из *in vitro* коллекции ВИР, генотипированные в настоящей работе, включены в программу по криоконсервации, проводимую в ВИРе.

Благодарности / Acknowledgments

Статья подготовлена при поддержке: подпрограммы «Развитие селекции и семеноводства картофеля в РФ» в 2018 году (получение образцов из выборок: КПНИ_ЭГИ-2016_ВИР, КПНИ_ЭГИ-2017_ВИР и КПНИ_ЭГИ-2018_ВНИИКХ; генотипирование образца сорта ‘Танго’); в 2019-2020 годах – темы НИР № 0662-2019-0004, номер государственной регистрации (РК) – АААА-А19-119013090158-8 (создание номенклатурных стандартов) и Госзадания № 0481-2019-0002 (генотипирование и молекулярный скрининг образцов татарстанских сортов).

Авторы благодарят д.б.н. Е.З. Кочиеву (ФИЦ «Фундаментальные основы биотехнологии» РАН) за предоставление 7 дополнительных препаратов ДНК, а также м.н.с. ВИР Н.В. Лебедеву за помощь в проведении гербаризации.

The paper was prepared with assistance provided in 2018 within the framework of: the subprogram “Development

of potato breeding and seed production in the Russian Federation" (providing of the potato cultivar samples from the Eco-Geographical Tests carried out at the VIR in 2016 and in 2017 and at the A.G. Lorkh All-Russian Research Institute of Potato Farming in the framework of the Complex Research Plan in 2018; genotyping of 'Tango' sample), and in 2019-2020 within the framework of: the R&D Topic No. 0662-2019-0004, State Registration No. AAAA-A19-119013090158-8 (preparing of the nomenclatural standards and voucher specimens) and within the State Assignment No. 0481-2019-0002 (genotyping and molecular screening).The authors are grateful to Dr.Sci. E.Z. Kochieva (Federal Research Center "Fundamentals of Biotechnology" of the RAS) for providing 7 additional DNA-probes, as well as to N.V. Lebedeva, a Junior Researcher at VIR, for her assistance in herbarization of plant material.

References / Литература

Ahmadvand R., Wolf I., Gorji A.M., Polgár Z., Taller J. Development of Molecular Tools for Distinguishing Between the Highly Similar *Rx1* and *Rx2* PVX Extreme Resistance Genes in Tetraploid Potato. *Potato Research*. 2013;56(4):277-291. DOI: 10.1007/s11540-013-9244-y

Antonova O.Y., Klimenko N.S., Evdokimova Z.Z., Kostina L.I., Gavrilenko T.A. Finding *RB/Rpi-blb1/Rpi-sto1*-like sequences in conventionally bred potato varieties. *Vavilov Journal of Genetics and Breeding*. 2018;22(6):693-702. DOI: 10.18699/VJ18.412

Asano K., Kobayashi A., Tsuda S., Nishinaka M., Tamiya S. DNA marker-assisted evaluation of potato genotypes for potential resistance to potato cyst nematode pathotypes not yet invading into Japan. *Breeding Science*. 2012;62(2):142-150. DOI: 10.1270/jsbbs.62.142

Ballvora A., Ercolano M.R., Weiss J., Meksem K., Bormann C.A., Oberhagemann P., Salamini F., Gebhardt C. The *R1* gene for potato resistance to late blight (*Phytophthora infestans*) belongs to the leucine zipper/NBS/LRR class of plant resistance genes. *The Plant Journal*. 2002;30(3):361-371. DOI: 10.1046/j.1365-313X.2001.01292.x

Belozor N.I. Herbarization of cultivated plants (Guidelines) (Gerbarizatsiya kulturnykh rastenii (Metodicheskie ukazaniya)). Leningrad: VIR; 1989. [in Russian] (Белозор Н.И. Гербаризация культурных растений (методические указания). Ленинград: ВИР; 1989).

Brickell C.D., Alexander C., Cubey J.J., David J.C., Hoffman M.H.A., Leslie A.C., Malécot V., Xiaobai J. (eds). International code of nomenclature for cultivated plants. Ed. 9. *Scripta Horticulturae*. 2016;18:I-XVII+1-190.

Feingold S., Lloyd J., Norero N., Bonierbale M., Lorenzen J. Mapping and characterization of new EST-derived microsatellites for potato (*Solanum tuberosum* L.). *Theoretical and Applied Genetics*. 2005;111:456-466. DOI: 10.1007/s00122-005-2028-2

Flis B., Hennig J., Strzelczyk-Zyta D., Gebhardt C., Marczewski W. The *Ry-fsto* gene from *Solanum stoloniferum* for extreme resistant to *Potato virus* Y maps to potato chromosome XII and is diagnosed by PCR marker $GP122_{718}$ in PVY resistant potato cultivars. *Molecular Breeding*. 2005;15:95-101.

Gavrilenko T.A., Afanasenko O.S., Antonova O.YU., Rogozina E.V., Khyutti A.V., Shuvalov O.YU., Islamshina A.R., Chalaya N.A. Development of technology for assessing the genetic diversity of cultivated and wild potato species for resistance to viral diseases and canker based on modern molecular genetic and phytopathological methods (Razrabotka tekhnologii otsenki geneticheskogo raznoobraziya kul'turnykh i dikikh vidov kartofelya po ustojchivosti k virusnym zabolevaniyam i k raku na osnove sovremennykh molekulyarno-geneticheskikh i fitopatologicheskikh metodov). In: *Materials of the conference «Oriented fundamental research and their implementation in the agro-industrial complex of Russia» (Materialy konferentsii «Orientirovannye fundamentalnye issledovaniya i ikh realizatsiya v APK Rossii»)* Sergiev Posad; 2009. p.94-100. [in Russian] (Гавриленко Т.А., Афанасенко О.С., Антонова О.Ю., Рогозина Е.В., Хютти А.В., Шувалов О.Ю., Исламшина А.Р., Чалая Н.А. Разработка технологии оценки генетического разнообразия культурных и диких видов картофеля по устойчивости к вирусным заболеваниям и к раку на основе современных молекулярно-генетических и фитопатологических методов. В кн.: *Материалы конференции «Ориентированные фундаментальные исследования и их реализация в АПК России»*. Сергиев Посад; 2009. С.94-100. URL: http://vir.nw.ru/biot/pdf/conf-text.pdf [дата обращения: 24.09.2020].

Gavrilenko T., Antonova O., Shuvalova A., Krylova E., Alpatyeva N., Spooner D.M., Novikova L. Genetic diversity and origin of cultivated potatoes based on plastid microsatellite polymorphism. *Genetic Resources and Crop Evolution*. 2013;60(7):1997-2015. DOI: 10.1007/s10722-013-9968-1

Gavrilenko T.A., Klimenko N.S., Alpatieva N.V., Kostina L.I., Lebedeva V.A., Evdokimova Z.Z., Apalikova O.V., Novikova L.Y., Antonova O.Yu. Cytoplasmic genetic diversity of potato varieties bred in Russia and FSU countries. *Vavilov Journal of Genetics and Breeding*. 2019;23(6):753-764. DOI: 10.18699/VJ19.534

Gavrilenko T.A., Klimenko N.S., Antonova O.Yu., Lebedeva V.A., Evdokimova Z.Z., Gadjiyev N.M., Apalikova O.V., Alpatyeva N.V., Kostina L.I., Zoteyeva N.M., Mamadbokirova F.T., Egorova K.V. Molecular screening of potato varieties bred in the northwestern zone of the Russian Federation. *Vavilov Journal of Genetics and Breeding*. 2018;22(1):35-45. [in Russian] (Гавриленко Т.А., Клименко Н.С., Антонова О.Ю., Лебедева В.А., Евдокимова З.З., Гаджиев Н.М., Апаликова О.В., Алпатьева Н.В., Костина Л.И., Зотеева Н.М., Мамадбокирова Ф.Т., Егорова К.В. Молекулярный скрининг сортов и гибридов картофеля северо-западной зоны Российской Федерации. *Вавиловский журнал генетики и селекции*. 2018;22(1):35-45). DOI: 10.18699/VJ18.329

Ghislain M., Nunez J., Herera M. del R., Pignataro J., Guzman F., Bonierbale M., Spooner D.M. Robust and highly informative microsatellite-based genetic identity kit for potato. *Molecular Breeding*. 2009;23:377-388. DOI: 10.1007/s11032-008-9240-0

Hosaka K., Sanetomo R. Development of a rapid identification method for potato cytoplasm and its use for evaluating Japanese collections. *Theoretical and Applied Genetics*. 2012;125(6):1237-1251. DOI: 10.1007/s00122-012-1909-4

Huang S., van der Vossen E.A.G., Kuang H., Vleeshouwers V. G.A.A., Zhang N., Borm T.J.A., van Eck H.J., Baker B., Jacobsen E., Visser R.G.F. Comparative genomics enabled the isolation of the *R3a* late blight resistance gene in potato. *The Plant Journal*. 2005;42(2):251-261. DOI: 10.1111/j.1365-313X.2005.02365.x

Il'in S.A., Blagoveshchenskij N.I. Potatoes in Tataria (Kartofel v Tatarii). Kazan: Tat. book publishing house; 1970. [in Russian] (Ильин С.А., Благовещенский Н.И. Картофель в Татарии. Казань: Татарское кн. изд- во; 1970).

Kasai K., Morikawa Y., Sorri V.A., Valkonen J.P.T., Gebhardt C., Watanabe K.N. Development of SCAR markers to the PVY resistance gene *Ryadg* based on a common feature of plant disease resistance genes. *Genome*. 2000;43(1):1-8. DOI: 10.1139/g99-092

Klimenko N.S., Antonova O.Y., Kostina L.I., Mamadbokirova F.T., Gavrilenko T.A. Marker-associated selection of Russian potato varieties with using markers of resistance genes to the golden potato cyst nematode (pathotype Ro1). *Proceedings on applied botany, genetics and breeding*. 2017;178(4):66-75. [in Russian] (Клименко Н.С., Антонова О.Ю., Костина Л.И., Мамадбокирова Ф.Т., Гавриленко Т.А. Маркер-опосредованная селекция отечественных сортов картофеля с маркерами генов устойчивости к золотистой картофельной нематоде (патотип Ro1). *Труды по прикладной ботанике, генетике и селекции*. 2017;178(4):66-75). DOI: 10.30901/2227-8834-2017-4-66-75

Klimenko N.S., Antonova O.Yu.,. Zheltova V.V, Fomina N.A., Kostina L.I., Mamadbokirova F.T., Gavrilenko T.A. Screening of Russian potato cultivars (*Solanum tuberosum* L.) with DNA markers linked to the genes conferring extreme resistance to Potato Virus Y. *Agricultural Biology*. 2019;54(5):958-969 [in Russian]. (Клименко Н.С, Антонова О.Ю., Желтова В.В., Фомина Н.А., Костина Л.И., Мамадбокирова Ф.Т., Гавриленко Т.А.

Скрининг сортов картофеля (*Solanum tuberosum* L.) Российской селекции с помощью маркеров *R*-генов устойчивости к Y-вирусу картофеля. *Сельскохозяйственная биология.* 2019;54(5):958-969). DOI: 10.15389/agrobiology.2019.5.958rus

Kuzminova O.A., Vologin S.G., Stashevski Z., Gimaeva E.A. Marker assisted selection of potatoes for resistance to virus Y, *Globodera rostochiensis* Woll. and *Synchytrium endobioticum* (Schilb.) Percival (Markyor-vspomogatelnaya selektsiya kartofelya na ustojchivost k virusu Y, *Globodera rostochiensis* Woll. i *Synchytrium endobioticum* (Schilb.) Percival). *Zashhita kartofelya = Potato protection*. 2014a;(1):14-15. [in Russian] (Кузьминова О.А., Вологин С.Г., Сташевски З., Гимаева Е.А. Маркёр-вспомогательная селекция картофеля на устойчивость к вирусу Y, *Globodera rostochiensis* Woll. и *Synchytrium endobioticum* (Schilb.) Percival. *Защита картофеля*. 2014a;(1):14-15).

Kuzminova O.A., Stashevski Z., Vologin S.G., Gimaeva E.A. Search for sources of economically valuable potato traits using molecular genetic analysis (Poisk istochnikov khozyajstvenno-tsennykh priznakov kartofelya pri pomoshhi molekulyarno-geneticheskogo analiza) In: *Modern potato industry: state and development prospects: materials of the VI interregional scientific-practical. conf. (Sovremennaya industriya kartofelya: sostoyanie i perspektivy razvitiya: mat-ly VI mezhregionalnoj nauch.-prakt. konf.).* Cheboksary; 2014b. p.50-55. (Кузьминова О.А., Сташевски З., Вологин С.Г., Гимаева Е.А. Поиск источников хозяйственно-ценных признаков картофеля при помощи молекулярно-генетического анализа. В кн.: *Современная индустрия картофеля: состояние и перспективы развития: материалы VI межрегиональной научно-практической конференции*. Чебоксары; 2014b. С.50-55.

Milbourne D., Meyer R.C., Collins A.J., Ramsay L.D., Gebhardt C., Waugh R. Isolation, characterisation and mapping of simple sequence repeat loci in potato. *Molecular and General Genetics*. 1998;259:233-245. DOI: 10.1007/s004380050809

Schultz L., Cogan N., McLean K., Dale M., Bryan G., Forster J., Slater A. Evaluation and implementation of a potential diagnostic molecular marker for *H1*-conferred potato cyst nematode resistance in potato (*Solanum tuberosum* L.). *Plant Breeding*. 2012;131(2):315-321. DOI: 10.1111/j.1439-0523.2012.01949.x

Song Y.-S., Schwarzfischer A. Development of STS Markers for Selection of Extreme Resistance (*Rysto*) to PVY and Maternal Pedigree Analysis of Extremely Resistant Cultivars. *American Journal of Potato Research*. 2008;85(2):159-170. DOI: 10.1007/s12230-008-9012-8

State Register for Selection Achievements Admitted for Usage. 2020. [in Russian] (Государственный реестр селекционных достижений, допущенных к использованию. 2020). URL: https://reestr.gossortrf.ru/ [дата обращения: 24.09.2020].

Stashevski Z., Gimaeva E.A., Vologin S.G., Salihova Z.Z., Gizatullina A.T., Safiullina G.F., Nazmieva R.R., Zamalieva F.F. New stress-resistant potato varieties (Novye stessoustojchivye sorta kartofelya). In: Sorta i tekhnologii vozdelyvaniya kartofelya v sovremennyh usloviyah: materialy XIX innovacionnogo soveta NIU Urala, Zapadnoj Sibiri, Povolzhya i Severnogo Kazahstana po kartofelevodstvu = Varieties and technologies of potato cultivation in modern conditions: Proceedings of the XIX Innovation Council of the National Research University of the Urals, Western Siberia, the Volga region and Northern Kazakhstan on potato growing. 2013. p.88-93 [in Russian] (Сташевски З., Гимаева Е.А., Вологин С.Г., Салихова З.З., Гизатуллина А.Т., Сафиуллина Г.Ф., Назмиева Р.Р., Замалиева Ф.Ф. Новые стрессоустойчивые сорта картофеля. В кн.: Сорта и технологии возделывания картофеля в современных условиях: материалы XIX инновационного совета НИУ Урала, Западной Сибири, Поволжья и Северного Казахстана по картофелеводству. 2013. С.88-93).

Stashevski Z., Kuzminova O.A., Vologin S.G., Gizatullina A.T., Gimayeva Ye.A., Safiullina G.F., Kiru S.D., Shabanov A.E., Safonova A.D., Polukhin N.I., Zhuravleva Ye.V. First Results of Ecological and Geographical Testing of New Russian Potato Varieties. *Zemledelije.* 2019;6:43-48. [in Russian] (Сташевски З., Кузьминова О.А., Вологин С.Г., Гизатуллина А.Т., Гимаева Е.А., Сафиуллина Г.Ф., Киру С.Д., Шабанов А.Э., Сафонова А.Д., Полухин Н.И., Журавлева Е.В. Первые результаты эколого-географического испытания новых российских сортов картофеля. *Земледелие.* 2019;6:43-48). DOI: 10.24411/0044-3913-2019-10610

Takeuchi, T., Sasaki J., Suzuki T., Horita H., Hiura S., Iketani S., Fujita R., Senda K. DNA markers for efficient selection of disease and pests resistance genes in potato [in Japanese]. *Hokkaido Nogyo-Shiken-Kaigi-Shiryo 2008*. 2009:1-26.

Wang M., Allefs A., van den Berg R.G., Vleeshouwers V.G.A.A., van der Vossen E., Vosman B. Allele mining in Solanum: conserved homologues of *Rpi-blb1* are identified in *Solanum stoloniferum*. *Theoretical and Applied Genetics*. 2008;116(7):933-943. DOI: 10.1007/s00122-008-0725-3

Valkonen J., Wiegmann K., Hämäläinen J., Marczewaski W., Watanabe K. Evidence for utility of the same PCR-base markers for selection of extreme resistance to potato virus Y controlled by *Rysto* of *Solanum stoloniferum* derived from different sources. *Annals of Applied Biology*. 2008;152:121-130. DOI: 10.1111/j.1744-7348.2007.00194.x

Zamalieva F.F. Control of potato virus diseases. (Borba s virusnymi boleznyami kartofelya). *Zashchita i karantin rastenij = Plant protection and quarantine*. 2013;3:17-21 [in Russian] (Замалиева Ф.Ф. Борьба с вирусными болезнями картофеля. *Защита и карантин растений*. 2013;3:17-21).

Zhu S., Li Y., Vossen J.H., Visser R.G.F., Jacobsen E. Functional stacking of three resistance genes against *Phytophthora infestans* in potato. *Transgenic Research*. 2012;21(1):89-99. DOI: 10.1007/s11248-011- 9510-1

ДЛИТЕЛЬНОЕ СОХРАНЕНИЕ СОВРЕМЕННЫХ РОССИЙСКИХ СОРТОВ КАРТОФЕЛЯ В КРИОБАНКЕ ВИР

Ефремова О.С., Волкова Н.Н., Гавриленко Т.А.*

Федеральный исследовательский центр Всероссийский институт генетических ресурсов растений имени Н.И. Вавилова (ВИР), 190000 Россия, г.Санкт-Петербург, ул. Б. Морская, 42, 44;
*✉ tatjana9972@yandex.ru

Основой долгосрочного хранения селекционных сортов картофеля является криоконсервация апексов *in vitro* растений. Наиболее широко для создания криоколлекций картофеля применяется метод дроплет-витрификации (Panis et al., 2005), который, как и его многочисленные модификации, используется в крупнейших мировых генбанках. Для криоконсервации апексов *in vitro* растений разных образцов картофеля в ВИР используют модифицированный метод дроплет-витрификации. В настоящей статье приведены результаты криоконсервации современных сортов, выведенных в семи селекционных центрах Российской Федерации. В опытах по криоконсервации участвовали генотипированные с применением SSR маркеров клоны микрорастений, микросателлитные профили которых совпали с SSR-спектрами номенклатурных стандартов сортов и гербарных ваучеров селекционных клонов. Частота посткриогенной регенерации в контрольных экспериментах после краткосрочной криоконсервации варьировала от 23,3 до 53,3%. Пять из 16 образцов (‘Варяг’, ‘Гусар’, ‘Евпатий’, ‘Солнечный’, ‘Танго’) имели низкие показатели посткриогенной регенерационной способности – от 20 до 30%; у 11 образцов частота регенерации превышала 30%, из них у восьми сортов (‘Гранд’, ‘Златка’, ‘Лина’, ‘Сафо’, ‘Сиверский’, ‘Сигнал’, ‘Утро’, ‘Юна’) и у селекционного клона ‘Алый Парус’ отмечена частота регенерации выше 40%. Дисперсионный анализ не выявил достоверного влияния генотипа на проявление признака регенерационной способности в изученной выборке образцов (p=0,711). Регенерационная способность образцов в контрольном эксперименте при краткосрочном хранении апексов в жидком азоте достоверно коррелировала с жизнеспособностью эксплантов (r=0.86). Результаты проведенных экспериментов позволили пополнить криоколлекцию картофеля, сохраняемую в криобанке ВИР, эксплантами 14 современных российских сортов и двух селекционных клонов с известным уровнем посткриогенной регенерации. Четыре сорта (‘Гранд‘, ‘Гусар‘, ‘Сигнал‘, ‘Утро’) участвовали в мониторинге регенерационной способности эксплантов, длительно сохраняемых в криобанке ВИР при сверхнизких температурах. У этих сортов детектированы регенеранты после размораживания единичных криопробирок, хранившихся в криобанке ВИР около 7 месяцев. В среднем регенерационная способность после семимесячного хранения составила 41,8%, что не отличается достоверно от регенерационной способности в контроле. Можно заключить, что применение модифицированного метода дроплет-витрификации остается актуальным для пополнения криоколлекции картофеля ВИР.

Ключевые слова: криоконсервация, *Solanum tuberosum*, селекционные сорта.

LONG-TERM PRESERVATION OF MODERN RUSSIAN POTATO CULTIVARS IN THE VIR CRYOBANK

Efremova O.S., Volkova N.N., Gavrilenko T.A.*

N.I. Vavilov All-Russian Institute of Plant Genetic Resources (VIR), 42, 44 Bolshaya Morskaya Street, St.Petersburg 190000, Russia;
*✉ tatjana9972@yandex.ru

Cryopreservation of shoot-tips (apexes) excised from *in vitro* plants is used for long-term preservation of potato cultivars. The most widely used method for creating potato cryo-collections is droplet-vitrification of shoot-tips which, together with its numerous modifications, is widely used in genebanks. A modified protocol of droplet vitrification method is used at VIR for cryopreservation of shoot tips from *in vitro* potato plants. This paper presents the results of cryopreservation of modern cultivars which were released by seven Russian breeding centers. *In vitro* clones used in the cryopreservation experiments were genetically identical to the cultivars' nomenclatural standards and herbarium vouchers.The frequency of post-thaw regeneration in control experiments after short-term cryopreservation varied from 23.3 to 53.3%, depending on the genotype. Five out of 16 accessions (‘Varâg’, ‘Gusar’, ‘Evpatij’, ‘Solnečnyj’, ‘Tango’)* had low post-cryogenic regenerative capacity from 20 to 30%; the regeneration rate exceeded 30% in 11 accessions, and 8 cultivars (‘Grand’, ‘Zlatka’, ‘Lina’, ‘Safo’, ‘Siverskij’, ‘Signal’, ‘Utro’, ‘Ûna’) and ‘Alyj Parus’ breeding clone had regeneration rate above 40%. The regeneration rate in the studied subset was genotype independent according to the ANOVA results (p=0.711). Viability and regeneration rate were significantly correlated (r=0.86). As a result of the experiments, explants of 14 modern cultivars and two breeding clones with the known post-thaw regeneration rate were successfully cryopreserved in the VIR cryobank. Four cultivars (‘Grand’, ‘Gusar’, ‘Signal’, ‘Utro’) were monitored for their regeneration capacity after the long-term (seven months) preservation in the VIR cryobank. On an average, these four cultivars demonstrated a post-thaw regeneration capacity of 41.8%. It can be concluded that the use of the modified method of droplet vitrification is relevant for increasing the VIR potato cryo-collection.

Key words: cryopreservation, *Solanum tuberosum*, released cultivars.

Прозрачность финансовой деятельности/Financial transparency
Авторы не имеют финансовой заинтересованности в представленных материалах или методах. / The authors have no financial interest in the presented materials or methods.
Авторы благодарят рецензентов за их вклад в экспертную оценку этой работы/The authors thank the reviewers for their contribution to the peer review of this work
Дополнительная информация/Additional information
Полные данные этой статьи доступны / Extended data is available for this paper at https://doi.org/10.30901/2658-6266-2020-3-o1
Мнение журнала нейтрально к изложенным материалам, авторам и их месту работы / The journal's opinion is neutral to the presented materials, the author, and his or her employer
Все авторы одобрили рукопись/All authors approved the manuscript
Конфликт интересов отсутствует/No conflict of interest

Для цитирования: Ефремова О.С., Волкова Н.Н., Гавриленко Т.А. Длительное сохранение современных российских сортов картофеля в криобанке ВИР. *Биотехнология и селекция растений*. 2020;3(3):68-76. DOI: 10.30901/2658-6266-2020-3-o1

For citation: Efremova O.S., Volkova N.N., Gavrilenko T.A. Long-term preservation of modern Russian potato cultivars in the VIR cryobank. *Plant Biotechnology and Breeding*. 2020;3(3):68-76. (In Russ.). DOI: 10.30901/2658-6266-2020-3-o1

ORCID:
Efremova O.S. https://orcid.org/0000-0001-9212-2117
Gavrilenko T.A. https://orcid.org/0000-0002-2605-6569
Volkova N.N. https://orcid.org/0000-0001-8034-9891

УДК 635.21:57.043
Поступила в редакцию: 17.11.2020
Принята к публикации: 15.12.2020

*Транслитерация названий сортов здесь и далее дана в соответствии с рекомендацией 33А МКНКР (Brickell et al., 2016).

Введение

Криоконсервация позволяет осуществить долгосрочное хранение генофонда селекционных сортов картофеля. Для криоконсервации образцов применяют метод дроплет-витрификации (Niino, Arizaga, 2015; Panis et al., 2016; Ukhatova, Gavrilenko, 2018; Muthoni et al., 2019), который был разработан ведущим специалистом по криобиологии растений Бартом Панисом с коллегами (Panis et al., 2005). Различные модификации данного метода нашли применение для криоконсервации в крупнейших мировых генбанках апексов *in vitro* растений картофеля (Kim et al., 2006; Panta et al., 2015; Vollmer et al., 2016; Jenderek, Reed, 2017; CIP, 2018; Muthoni et al., 2019), в том числе для криоконсервации образцов *in vitro* коллекции ВИР (Dunayeva et al., 2011, 2017; Ukhatova et al., 2017; Gavrilenko et al., 2019).

В настоящее время криоколлекции картофеля, в состав которых входят образцы селекционных сортов, аборигенных южноамериканских сортов и гибридных образцов, имеются во многих генбанках мира: IPK/GLKS – Германия (Keller et al., 2014), International Potato Center (CIP) – Перу (Vollmer et al., 2017), NCGRP – США (Bamberg et al., 2016), NAC – Корея (Niino, Arizaga, 2015), CAES – Япония (Hirai, 2011), ВИР – Россия (Ukhatova, Gavrilenko, 2018). Регламент закладки образцов картофеля на длительное хранение в разных криобанках несколько отличается. Так, например, для пополнения криобанка CIP (Перу) на криохранение закладывается 120 эксплантов на образец; при этом рекомендован минимальный уровень посткриогенной регенерации не ниже 30%, при более низких контрольных показателях – от 20 до 30% – число закладываемых на хранение эксплантов должно быть увеличено (Vollmer et al., 2016, 2017). Для пополнения криоколлекции сортов картофеля в ВИРе, в криобанк передается по 90 эксплантов на образец; в последние годы для закладки образца рекомендована частота регенерации после замораживания-оттаивания не ниже 30% (табл. 1).

В наиболее крупном криобанке картофеля в IPK/GLKS хранится около 1500 образцов (Muthoni et al., 2019; Stock et al., 2019), большая часть которых представлена стародавними европейскими сортами. В криобанке CIP хранится более 1000 образцов, в основном южноамериканских аборигенных сортов (Vollmer et al., 2017).

В ВИР плановые работы по закладке образцов картофеля в криобанк на длительное хранение начались относительно недавно (Ukhatova et al., 2017; Ukhatova, Gavrilenko, 2018), хотя методические исследования по криоконсервации ведутся с 2010 года (Shvachko, Gavrilenko, 2011; Dunayeva et al., 2011). Стратегия формирования *in vitro* и криоколлекций картофеля направлена на сохранение отечественного селекционного материала (сорта, доноры, источники ценных признаков), а также образцов культурных южноамериканских видов, собранных в разные годы экспедициями ВИР (Gavrilenko et al., 2007).

Недавно в институте была инициирована новая комплексная программа по созданию номенклатурных стандартов российских сортов картофеля, их молекулярной паспортизации и дублированию таких образцов в *in vitro* и криоколлекциях (Gavrilenko, Chukhina, 2020, см. в этом же выпуске). В настоящей работе в криоконсервации участвовали генотипированные с применением SSR маркеров клоны микрорастений, генетически идентичные номенклатурным стандартам сортов и гербарным ваучерам селекционных клонов (Klimenko et al., 2020; Fomina et al., 2020 a, см. в этом же выпуске; Rybakov et al., 2020; Fomina et al., 2020 b, см. в следующем выпуске).

Материалы и методы

Материал для исследований включал 16 образцов картофеля (14 сортов и два селекционных клона – ‘Евпатий’ и ‘Алый Парус’), переданных в ВИР из семи селекционных центров, где они были созданы (табл. 2). Материал поступил в ВИР в 2018 г. из Ленинградского НИИСХ «Белогорка» и ООО Селекционной фирмы «ЛиГа», из СибНИИРС филиала ИЦиГ СО РАН, СибНИИСХиТ филиал СФНЦА РАН и в 2019 г. – из ВНИИКХ им. А.Г. Лорха и ООО «Агроцентр «Коренево». При регистрации поступивших в ВИР образцов им присваивались интродукционные номера с префиксом «о» (см. табл. 2).

Данный материал был передан в гербарий ВИР авторами сортов в виде побегов и клубней для оформления номенклатурных стандартов и ваучерных образцов. Кроме того, из трех институтов материал параллельно передавался и в виде *in vitro* растений: четыре сорта – из СибНИИРС филиала ИЦиГ СО РАН (‘Златка’, и-о161536; ‘Лина’, и-о161537; ‘Сафо’, и-о161538; ‘Юна’, и-о161539); шесть образцов – из ВНИИКХ им. А.Г. Лорха (‘Варяг’, и-о161511; ‘Гранд’, и-о161515; ‘Краса Мещеры’, и-о161520; ‘Утро’, и-о161530; ‘Сигнал’ и ‘Евпатий’); один – из СибНИИСХиТ филиала СФНЦА РАН (‘Солнечный’, и-о161540). Образцы из Ленинградского НИИСХ «Белогорка» и ООО Селекционной фирмы «ЛиГа» (‘Алый парус’, и-о161644; ‘Гусар’, и-о161647; ‘Даная’, и-о161648; ‘Сиверский’, и-о1616604) были введены в культуру *in vitro* в отделе биотехнологии ВИР. Материалом для получения микрорастений этих сортов послужили меристемы, вычлененные у световых ростков клубней, переданных авторами в гербарий ВИР. Сорт ‘Танго’, селекции ТатНИИСХ ФИЦ КазНЦ РАН также был введен в культуру *in vitro* в ВИР. Все 16 образцов картофеля, изученные в данной работе, поддерживаются в *in vitro* коллекции ВИР.

В опытах по криоконсервации участвовали генотипированные с использованием маркеров SSR клоны микрорастений. Для 12 из них (‘Варяг’, ‘Гранд’, ‘Гусар’,

‘Даная’, ‘Златка’, ‘Краса Мещеры’, ‘Лина’, ‘Сафо’, ‘Сиверский’, ‘Солнечный’, ‘Утро’, ‘Юна’) подтверждено соответствие SSR спектрам номенклатурных стандартов сортов и для двух (‘Алый Парус’, ‘Танго’) – соответствие SSR спектрам гербарных ваучеров селекционных клонов (Klimenko et al., 2020; Fomina et al., 2020 a, см. в этом же выпуске; Rybakov et al., 2020; Fomina et al., 2020 b, см. в следующем выпуске). Молекулярно-генетическое изучение оставшихся двух образцов – ‘Сигнал’ и ‘Евпатий’ – еще не закончено.

Методы. Криоконсервацию проводили в 2018-2020 гг. с использованием метода дроплет-витрификации (Panis et al., 2005), несколько этапов которого были модифицированы в отделе биотехнологии ВИР. В статье (Gavrilenko et al., 2019) приведено подробное описание модифицированного протокола криоконсервации, а также состава питательной среды MS для культивирования микрорастений, состава растворов с осмо- и криопротекторами для замораживания (LS и PVS2), раствора RS для оттаивания эксплантов и среды MSTo для посткриогенной регенерации. Ниже приведено краткое описание модифицированного метода дроплет-витрификации.

Исходные *in vitro* растения культивировали 3-4 недели на питательной среде MS без гормонов. Вычленяемые апексы микрорастений помещали в стерильные чашки Петри с жидкой средой MS; после набора 60 апексов среду MS заменяли жидкой средой LS. По истечении 20 минутного культивирования среду LS отбирали пипеткой и к эксплантам добавляли охлажденный раствор PVS2. Далее, на полоски алюминиевой фольги наносили капли раствора PVS2, и в каждую каплю переносили по одному апексу. Затем полоски с эксплантами погружали в криопробирки, заполненные жидким азотом.

Эксперименты выполняли в трех независимых повторностях (см. табл. 1). В каждой повторности изолировали по 60 эксплантов, из них 10 эксплантов использовали для контроля качества сред (без погружения в жидкий азот – вариант ‘-LN’), 20 – погружали в жидкий азот на 1 час для контроля посткриогенной регенерационной способности после оттаивания (вариант ‘+LN’), оставшиеся 30 эксплантов оставляли в сосуде Дьюара и впоследствии передавали на длительное криохранение в криобанк ВИР. В итоге, в криобанк закладывали по 90 апексов (3×30 шт.) каждого образца. В отдельных случаях число эксплантов определенного образца было больше или меньше на 1-2 шт.

Таблица 1. Регламент закладки образцов картофеля на длительное хранение в криобанк ВИР (Ukhatova, Gavrilenko, 2018, с модификациями)

Table 1. Regulations for potato accessions long-term storage in the VIR cryobank (Ukhatova, Gavrilenko, 2018, with modifications)

Для криоконсервации и криохранения одного коллекционного образца необходимо 180 эксплантов (апексов микрорастений):			
КОНТРОЛЬ ‘-LN’: (без погружения эксплантов в азот)	**КОНТРОЛЬ ‘+LN’: ПОСТКРИОГЕННОЙ РЕГЕНЕРАЦИИ ДО ЗАКЛАДКИ В КРИОБАНК** (краткосрочная криоконсервация – погружение эксплантов в жидкий азот на 1 час)	**ДЛИТЕЛЬНАЯ КРИОКОНСЕРВАЦИЯ:** (закладка эксплантов в криобанк на долгосрочное хранение)	**МОНИТОРИНГ посткриогенной регенерации** после 0,5 и более лет хранения в криобанке
30 эксплантов (10x3)	**60 эксплантов (20x3)**	**90 эксплантов (30x3)**	**10 эксплантов (одна криопробирка 10x1)**
Оценка регенерационной способности эксплантов без замораживания в трех повторностях по 10 эксплантов в каждой	Оценка регенерационной способности после оттаивания - в трех повторностях по 20 эксплантов в каждой	Пополнение криоколлекции ВИР: в трех повторностях, в каждой по 30 эксплантов (3 криопробирки по 10 эксплантов в каждой)	В зависимости от результата могут быть повторные выемки криопробирок
Криоконсервация проводится в трех независимых повторностях в каждой по 60 эксплантов (10 – для контроля ‘–LN’, 20 – для контроля ‘+LN’ и 30 эксплантов для передачи в криобанк ВИР)			

В контрольных экспериментах по оценке посткриогенной регенерационной способности через час после замораживания апексов микрорастений в жидком азоте проводили оттаивание эксплантов, для чего из сосуда Дьюара извлекали по две криопробирки (20 апексов) на повторность и помещали их на 15 минут в среду RS для размораживания при комнатной температуре. Затем экспланты переносили в чашки Петри со средой MSTo и культивировали в световой комнате. Эффективность восстановления после криоконсервации для каждого образца оценивали по двум показателям: (1) жизнеспособности эксплантов (% зеленых почек на питательной среде MSTo) и (2) регенерационной способности (% эксплантов, сформировавших микропобеги). Жизнеспособность и регенерационную способность эксплантов учитывали через 3, 6, 8 недель.

Статистическую обработку полученных результатов проводили с помощью компьютерной программы STATISTICA 13.3. Достоверность различия генотипов по жизнеспособности и регенерационной способности эксплантов исследована с использованием дисперсионного анализа, достоверность различий вариантов опыта – с использованием *t*-критерия Стьюдента для зависимых выборок.

Результаты и обсуждение

Криоконсервация сортов картофеля. На рисунке 1 и в таблице 2 представлены результаты контрольных экспериментов по криоконсервации апексов микрорастений 16 образцов картофеля. В контрольном варианте без погружения в жидкий азот (‘-LN’) жизнеспособность эксплантов варьировала от 36,7 до 80,0%, и в среднем по 16 образцам составила 57,2%. Все жизнеспособные экспланты в контроле ‘-LN’ регенерировали. Регенерационная способность генотипов в варианте контроля ‘-LN’ достоверно не различалась (ANOVA p=0,367).

В контрольных экспериментах с краткосрочным погружением в жидкий азот на 1 час (‘+LN’) у всех сортов зафиксирована способность к посткриогенному восстановлению. Жизнеспособность после оттаивания в этом контрольном варианте варьировала от 26,7 до 75,0%, и в среднем по 16 образцам составила 46,0%, т.е. краткосрочная криоконсервация снизила жизнеспособность сорта в среднем на 11,2% (достоверность различий по *t*-критерию – p=0,017). В контрольном варианте ‘+LN’ дисперсионный анализ не выявил существенного влияния генотипа ни на жизнеспособность (p=0,325), ни на регенерационную способность эксплантов (p=0,501).

У проанализированных сортов в варианте ‘+LN’ (краткосрочное погружение в жидкий азот на 1 час) частота посткриогенной регенерации варьировала от 23,3 до 53,3% (табл. 2), и в среднем составила 39,5%, т.е. процент регенерировавших апексов снизился по сравнению с процентом жизнеспособных эксплантов на 6,5% (p=0,001). По сравнению с контрольным вариантом без погружения в жидкий азот ‘-LN’, процент регенерировавших эксплантов в контрольном варианте ‘+LN’ снизился на 17,7% (с 57,2 до 39,5%, p<0,001) (табл. 2). У 11 из 16 образцов частота регенерации превышала 30%, а у девяти образцов была выше 40% (8 сортов: ‘Гранд’, ‘Златка’, ‘Лина’, ‘Сафо’, ‘Сиверский’, ‘Сигнал’, ‘Утро’, ‘Юна’ и селекционный клон ‘Алый Парус’); в ряде случаев отмечены существенные различия между повторностями опытов. Пять образцов (сорта ‘Варяг’, ‘Гусар’, ‘Солнечный’, ‘Танго’ и селекционный клон ‘Евпатий’) имели низкие показатели регенерационной способности – от 20 до 30% (см. табл. 2). Дисперсионный анализ не выявил достоверных различий между регенерационной способностью генотипов (p=0,711) для изученной выборки. Регенерационная способность и жизнеспособность образцов в контрольном варианте ‘+LN’ достоверно коррелировали (r=0.86); также выявлена корреляция (r=0.59) регенерационной способности образцов в контрольных вариантах ‘+LN’ и ‘-LN’.

В результате проведенных экспериментов, криоколлекция картофеля, сохраняемая в криобанке ВИР, пополнилась 16 образцами – по 90 апексов каждого образца передано на длительное хранение.

Для долгосрочного сохранения образцов коллекций в криобанках наиболее важным показателем является частота посткриогенной регенерации в контрольных экспериментах ‘+LN’ (краткосрочное погружение в жидкий азот на 1 час) перед закладкой образца на длительное криохранение. Первоначально минимально допустимым уровнем при закладке образцов на криохранение считалась частота 20% (IPGRI, 2000). В последние годы данный уровень был повышен на основании статистических подсчетов вероятности посткриогенного восстановления образцов с учетом числа сохраняемых эксплантов каждого образца. По мнению Б. Паниса, частота регенерации после оттаивания закладываемого на хранение в криобанк образца должна быть не ниже 39% (Panis et al., 2016).

Таблица 2. Жизнеспособность и регенерационная способность апексов микрорастений образцов картофеля после краткосрочного (1 час) и длительного (около семи месяцев) хранения в жидком азоте

Table 2. Viability and regenerative capacity of apexes from *in vitro* plants of potato accessions after short-term (1 hour) and long-term (about seven months) storage in liquid nitrogen

№ п/п	Образец	№ интродукционный «и-»	Краткосрочное (1 час) хранение в жидком азоте:				Регенерационная способность после длительного (7 месяцев) хранения, %
			Жизнеспособность, %		Регенерационная способность, %		
			-LN	+LN	-LN	+LN	
Сорта селекции ВНИИКХ им. А.Г. Лорха и ООО «Агроцентра «Коренево»							
1	‘Варяг’	o161511	46,7±17,6	26,7±8,3	46,7±17,6	23,3±7,3	
2	‘Гранд’	o161515	56,7±6,7	50,0±10,0	56,7±6,7	41,7±6,0	27,0±13,4
3	‘Евпатий’*		36,7±12,0	35,0±7,6	36,7±12,0	25,0±5,8	
4	‘Краса Мещеры’	o161520	36,7±8,8	45,0±13,2	36,7±8,8	36,7±10,9	
5	‘Сигнал’		63,3±17,6	48,8±4,7	63,3±17,6	48,8±4,7	70,0±14,5
6	‘Утро’	o161530	60,0±5,8	53,3±16,4	60,0±5,8	45,0±8,7	40,0±15,5
Сорта сибирской селекции							
7	‘Златка’	o161536	55,0±15,0	75,0±5,0	55,0±15,0	50,0±30,0	
8	‘Лина’	o161537	80,0±10,0	50,0±20,0	80,0±10,0	50,0±20,0	
9	‘Сафо’	o161538	73,3±12,0	53,3±8,8	73,3±12,0	46,7±12,0	
10	‘Солнечный’	o161540	66,7±8,8	33,3±8,8	66,7±8,8	30,0±10,0	
11	‘Юна’	o161539	76,7±6,7	53,3±14,5	76,7±6,7	53,3±14,5	
Сорта селекции Ленинградского НИИСХ «Белогорка» и ООО Селекционной фирмы «ЛиГа»							
12	‘Алый парус’*	o161644	49,7±10,1	52,5±14,7	49,7±10,1	40,7±5,8	
13	‘Гусар’	o161647	46,7±3,3	35,0±5,0	46,7±3,3	28,3±4,4	30,0±14,5
14	‘Даная’	o161648	46,2±3,8	40,4±11,9	46,2±3,8	36,9±11,8	
15	‘Сиверский’	o161660	55,0±5,0	55,0±15,0	55,0±5,0	45,0±15,0	
Сорта селекции ТатНИИСХ ФИЦ КазНЦ РАН							
16	‘Танго’		66,7±28,5	30,0±5,8	66,7±28,5	30,0±5,8	

Примечание: *отмечены селекционные клоны.

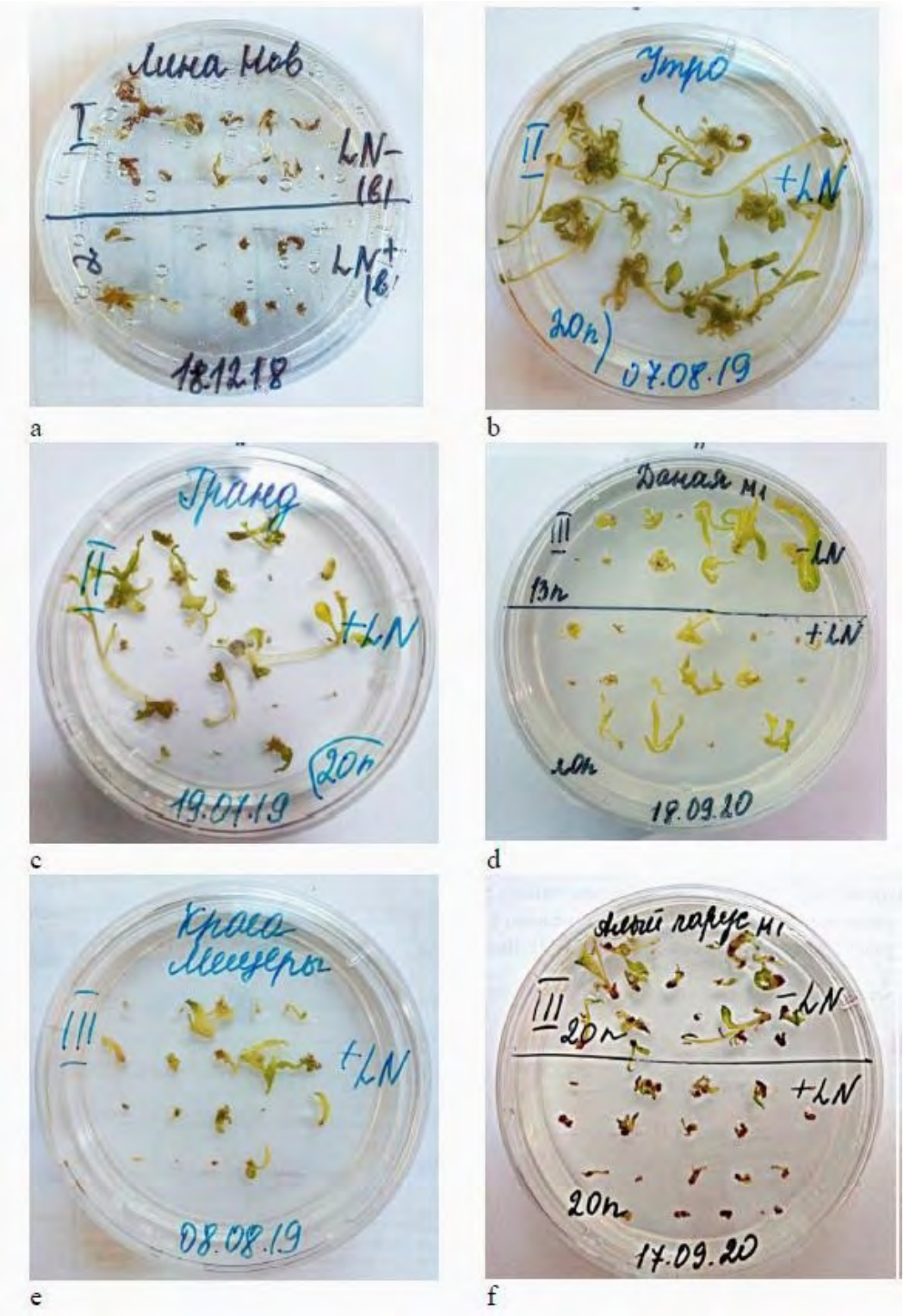


Рис. 1. Посткриогенная регенерация эксплантов после замораживания-оттаивания в контрольных экспериментах у шести образцов:
***a*- сорт ‘Лина’, и-о161537; *b*- ‘Утро’, и-о161530; *c*- ‘Гранд’, и-о161515;**
***d*- ‘Даная’, и-о161648; *e*- ‘Краса Мещеры’, и-о161520; *f*- ‘Алый парус’, и-о161644.**

Fig. 1. Post-cryogenic regeneration of isolated explants after freezing and thawing in control experiments in six potato accessions:
***a*- ‘Lina’, i-o161537; *b*- ‘Utro’, i-o161530; *c*- ‘Grand’, i-o161515;**
***d*- ‘Danaja’, i-o161648; e- ‘Krasa Meŝery‘*, i-o161520; f- ‘Alyj Parus’, i-o161644.**

Для пополнения криобанка CIP (Перу), при закладке на криохранение 120 эксплантов на образец рекомендован минимальный уровень посткриогенной регенерации не ниже 30%. При более низких контрольных показателях – от 20 до 30% – число закладываемых на хранение эксплантов должно быть увеличено (Vollmer et al., 2016, 2017). Ориентируясь на минимальные уровни посткриогенной регенерации, рекомендованные зарубежными коллегами, мы продолжим в дальнейшем осуществлять криоконсервацию пяти из 16 образцов, имеющих низкий уровень частоты посткриогенной регенерации (от 20 до 30%) (см. табл. 2), чтобы заложить на длительное хранение в криобанк большее число эксплантов.

Мониторинг посткриогенного восстановления образцов, длительно сохраняемых в криобанке ВИР. Как указывалось выше, после проведения трех независимых повторностей в криобанк ВИР закладывают на длительное хранение по 9 криопробирок каждого образца, в каждой – по 10 замороженных апексов микрорастений (итого – 90 эксплантов на образец с установленным в контрольных экспериментах уровнем посткриогенной регенерации) (см. табл. 1). Поэтому изъятие из криобанка единичной криопробирки для проведения мониторинга посткриогенной регенерации не критично для сохранности образца. Четыре сорта из изученной выборки участвовали в программе по мониторингу регенерационной способности эксплантов, длительно (более полугода) сохраняемых в криобанке ВИР (см. табл. 2; рис. 2).

У сортов ‘Гранд’, ‘Гусар’, ‘Сигнал’, ‘Утро’ после размораживания образцов из единичных криопробирок, которые хранились около семи месяцев в криобанке ВИР, было получено от 27 до 70% эксплантов с регенерантами. В среднем регенерационная способность после семимесячного хранения составила 41,8%, что не отличается достоверно (p=0,921) от контроля ‘+LN’ после краткосрочного погружения (у этих сортов в среднем 40,9 %). Отметим, что у сортов ‘Гусар’ и ‘Утро’ показатели частоты регенерации в контрольных экспериментах и в мониторинге были близки, у сорта ‘Сигнал’ частота регенерации в мониторинге была выше контрольных значений, тогда как у сорта ‘Гранд’ – ниже контроля (см. рис. 2, табл. 2), хотя различия были статистически недостоверны. При этом следует учитывать, что в мониторинге участвовало только 10 эксплантов на сорт (у сорта ‘Гранд’ – 11).

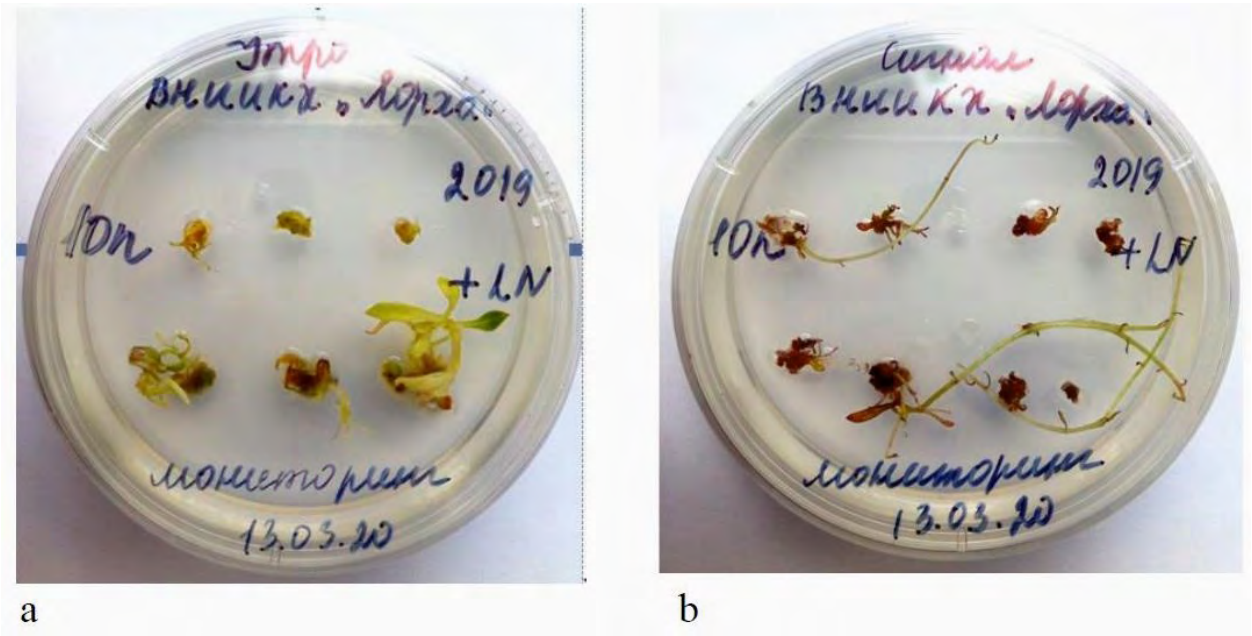


Рис. 2. Посткриогенная регенерация апексов микрорастений двух сортов картофеля после длительного (семь месяцев) хранения в криобанке ВИР:
a- ‘Утро’, и-o161530 и b-‘Сигнал’.

Fig. 2. Post-cryogenic regeneration of apexes of *in vitro* plants of two potato cultivars after long-term (seven months) preservation in the VIR cryobank:
a- ‘Utro’, i-o161530 and b- ‘Signal’.

Заключение

В ВИР инициирована комплексная программа по созданию номенклатурных стандартов российских сортов картофеля, их молекулярно-генетической паспортизации и сохранению исходных образцов в живом виде – в *in vitro* коллекции и в криобанке института. В рамках этой программы проведена криоконсервация современных российских сортов картофеля, выведенных в семи различных селекцентрах, с использованием модифицированного в ВИР протокола дроплет-витрификации. У изученных в настоящей работе 16 образцов частота посткриогенной регенерации апексов микрорастений в контрольных экспериментах (‘+LN’) варьировала от 23,3 до 53,3%. У 11 из 16 образцов частота регенерации превышала 30% и у девяти из них была выше 40%. Пять образцов имели низкие показатели регенерационной способности от 20 до 30%. У всех четырех сортов, для которых был проведен мониторинг регенерационной способности апексов микрорастений после семимесячного хранения в криобанке ВИР, детектированы регенерировавшие экспланты. Можно заключить, что применение модифицированного метода дроплет-витрификации остается актуальным для пополнения криоколлекции картофеля ВИР.

Благодарности / Acknowledgments

Работа по криоконсервации выполнена в рамках государственного задания ЕГИСУ НИОКР: АААА-А19-119013090158-8, тема № 0662-2019-0004 «Коллекции ВИР вегетативно размножаемых культур и их диких родичей – изучение и рациональное использование». Авторы выражают благодарность: участникам Комплексного плана научных исследований (КПНИ) подпрограммы «Развитие селекции и семеноводства картофеля в Российской Федерации» – сотрудникам селекцентров (включая авторов сортов): ВНИИКХ им. А.Г. Лорха, Ленинградского НИИСХ «Белогорка» и ООО Селекционной фирме «ЛиГа», сотрудникам СибНИИРС филиала ИЦиГ СО РАН, СибНИИСХиТ филиала СФНЦА РАН, ТатНИИСХ ФИЦ КазНЦ РАН, которые передали в 2018 и 2019 гг. свои сорта в ВИР для реализации задачи КПНИ «Создание национального криобанка картофеля с целью долгосрочного сохранения генофонда генотипированных отечественных сортов, ... и ваучеризации сортов…..». Авторы благодарят д.с.-х.н., вед.н.с. ВИР Л.Ю. Новикову за помощь в проведении статистической обработки данных, и вед. специалиста ЦКП ВИР «Лаборатория оздоровления генофонда растений» Беспалову Е.С., которая принимала участие в криоконсервации сортов ‘Златка’ и ‘Юна’ / The cryoconservation was carried out within the framework of the State Assignment registered in the Unified State Information System for Accounting for Research and Development Work (USISA R&DW) under the State Number AAAA-A19-119013090158-8, Topic No. 0662-2019-0004 “VIR collections of vegetatively propagated crops and their wild relatives, their study and rational use”. The authors express their gratitude to participants of the Complex Plan for Scientific Research (CPSR) subprogram “Development of potato breeding and seed production in the Russian Federation ” for 2018 and 2019, namely to employees of breeding centers (including authors of cultivars): A.G. Lorkh All-Russian Research Institute of Potato Farming; “Belogorka” Leningrad Agricultural Research Institute; “LiGa” Breeding LLC; Siberian Research Institute of Plant Industry and Breeding, a branch of the Institute of Cytology and Genetics of the Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences, Tatar Agricultural Research Institute of the Kazan Research Center of the Russian Academy of Sciences, which provided VIR with their own varieties in 2018 and 2019 for the implementation of the CPSR task “Creation of a national cryobank of potatoes with the aim of long-term preservation of the gene pool of genotyped domestic varieties, ... and voucherization of varieties ...”. The authors are grateful to L.Yu. Novikova, Dr.Agric.Sci., Leading Researcher at VIR, for her help with statistical data processing, and to E.S. Bespalova, Leading Researcher at the Center for Collective Use of VIR “Laboratory of Plant Germplasm Sanitation”, who took part in the cryopreservation of cultivars ‘Zlatka’ and ‘Ûna’.

References/Литература

Bamberg J.B., Martin M.W, Abad J, Jenderek M.M., Tanner J., Donnelly D.J., Nassar M.K, Veilleux R.E., Novy R.G. *In vitro* technology at the US Potato Genebank. *In Vitro Cellular & Developmental Biology – Plant.* 2016;52(3):213-225. DOI: 10.1007/s11627-016-9753-x

Brickell C.D., Alexander C., Cubey J.J., David J.C., Hoffman M.H.A., Leslie A.C., Malécot V., Xiaobai Jin (eds). International code of nomenclature for cultivated plants. Ed. 9. *Scripta Horticulturae*. 2016;18:I–XVII+1190.

CIP. The genebank of the International Potato Center conserves potato and sweet potato diversity. Centro Internacional de la Papa. Available at https://genebanks.org/genebanks/international potato center. [accessed Jan. 22, 2018].

Dunayeva S.Y., Pendinen G.I., Antonova O.Y., Shvachko N.A., Volkova N.N., Gavrilenko T.A. Preservation of vegetatively propagated crops in *in vitro* and cryo-collections: methodological guidelines. (Sokhraneniye vegetativno razmnozhayemykh kultur v *in vitro* i kriokollektsiyakh: metodicheskiye ukazaniya). T.A. Gavrilenko (ed.). St. Petersburg: VIR; 2011. [in Russian] (Дунаева С.Е., Пендинен Г.И, Антонова О.Ю, Швачко Н.А., Волкова Н.Н, Гавриленко Т.А. Сохранение вегетативно размножаемых культур в *in vitro* и криоколлекциях: методические указания / под ред. Т.А. Гавриленко. Санкт-Петербург: ВИР; 2011).

Dunayeva S.E., Pendinen G.I., Antonova O.Yu., Shvachko N.A., Ukhatova Yu.V., Shuvalova L.E., Volkova N.N., Gavrilenko T.A. Preservation of vegetatively propagated crops in *in vitro* and cryo collections: methodological guidelines (Sokhraneniye vegetativno razmnozhayemykh kultur v in vitro i kriokollektsiyakh: metodi-

cheskiye ukazaniya). T.A. Gavrilenko (ed.). St. Petersburg: VIR, 2017. [in Russian] (Дунаева С.Е., Пендинен Г.И., Антонова О.Ю., Швачко Н.А., Ухатова Ю.В., Шувалова Л.Е., Волкова Н.Н., Гавриленко Т.А. Сохранение вегетативно размножаемых культур в *in vitro* и крио коллекциях: методические указания / под ред. Т.А. Гавриленко. Санкт-Петербург: ВИР; 2017).

Gavrilenko T., Dunayeva S., Truskinov E., Antonova O., Pendinen G., Lupysheva Y., Rogovaja V., Shvachko N. Strategy of long-term conservation of germplasm of vegetatively propagated crops under controlled conditions. *Proceedings on Applied Botany, Genetics and Plant Breeding.* 2007;164:273-285 [in Russian] (*Гавриленко Т., Дунаева С., Трускинов* Э., *Антонова О., Пендинен Г., Лупышева Ю., Роговая В., Швачко Н.* Стратегия долгосрочного сохранения генофонда вегетативно размножаемых сельскохозяйственных растений в контролируемых условиях среды. *Труды по прикладной ботанике, генетике и селекции.* 2007;164:273-285.

Gavrilenko T.A., Shvachko N.A., Volkova N.N., Ukhatova Yu.V. A modified droplet vitrification method for cryopreservation of shoot tips from *in vitro* potato plants. *Vavilov Journal of Genetics and Breeding*. 2019;23(4):422-429. [in Russian] (Гавриленко Т.А., Швачко Н.А., Волкова Н.Н., Ухатова Ю.В. Модифицированный метод дроплет-витрификации для криоконсервации апексов *in vitro* растений картофеля. *Вавиловский журнал генетики и селекции.* 2019;23(4):422-429. DOI: 10.18699/VJ19.505.

Hirai D. Gelled droplet vitrification improves recovery of cryopreserved potato germplasm. *CryoLetters.* 2011;32(4):287-296.

Jenderek M. M., Reed B.M. Cryopreserved storage of clonal germplasm in the USDA National Plant Germplasm System. *In Vitro Cellular and Developmental Biology – Plant.* 2017;53(4):299-308. DOI: 10.1007/s11627-017-9828-3

IPGRI. Cryopreservation of tropical plant germplasm. Current research progress and applications. Engelmann F., Takagi H. (eds.). 2000.

Keller E.R.J., Senula A., Grübe M., Diekmann K., Dehmer K.J. Fifteen years of cryopreservation in the IPK Genebank – experience, conclusions and outlook. *Acta Horticulturae*. 2014;1039:249-263. DOI: 10.17660/ActaHortic.2014.1039.32

Kim H.H., Yoon J.W., Park Y.E., Cho E.G., Sohn J.K., Kim T.S., Engelmann F. Cryopreservation of potato cultivated varieties and wild species: critical factors in droplet vitrification. *CryoLetters*. 2006;27(4):223-234.

Muthoni J., Shimelis H., Melis R. Long-term conservation of potato genetic resources: methods and status of conservation. *Australian Journal of Crop Science.* 2019;13(05):717-725. DOI: 10.21475/ajcs.19.13.05.p1400

Niino T., Arizaga M.V. Cryopreservation for preservation of potato genetic resources. *Breeding Science.* 2015;65(1):41-52. DOI: 10.1270/jsbbs.65.41.

Panis B., Piette B., Swennen R. Droplet vitrification of apical meristems: A cryopreservation protocol applicable to all *Musaceae*. *Plant Science.* 2005;168:45-55. DOI: 10.1016/j.plantsci.2004.07.022

Panis B., Van den Houwe I., Swennen R., Rhee J., Roux N. Securing plant genetic resources for perpetuity through cryopreservation. *Indian Journal of Plant Genetic Resources.* 2016;29(3):300-302. DOI: 10.5958/0976-1926.2016.00051.6

Panta A., Panis B., Ynouye C., Swennen R., Roca W., Tay D., Ellis D. Improved cryopreservation method for the long-term conservation of the world potato germplasm collection. *Plant Cell, Tissue and Organ Culture*. 2015;120:117-125. DOI: 10.1007/s11240-014-0585-2

Shvachko N., Gavrilenko T. Cryopreservation of potato landraces using droplet-vitrification method. In: Grapin A., Keller J., Lynch P., Panis B., Revilla A., Engelmann F. (Eds.). *Cryopreservation of Crop Species in Europe: Proceedings of COST Action 871 Final meeting*. Angers, France, 2011; 135137.

Stock J., Mock H.P., Senula A., Nagel M. *Arabidopsis* – a model to elucidate complex stress response mechanism during cryopreservation. *Acta Horticulturae*. 2019;1234:85-96. DOI: 10.17660/ActaHortic.2019.1234.11

Ukhatova Y.V., Oves E.V., Volkova N.N., Gavrilenko T.A. Cryoconservation of potato breeding cultivars at VIR. *Proceedings on Applied Botany, Genetics and Breeding.* 2017;178(3):13-20 [In Russian] (Ухатова Ю.В., Овэс Е.В., Волкова Н.Н., Гавриленко Т.А. Криоконсервация селекционных сортов картофеля в ВИРе. *Труды по прикладной ботанике, генетике и селекции.* 2017;178(3):13-20). DOI: 10.30901/2227-8834-2017-3-13-20

Ukhatova Y.V., Gavrilenko T.A. Cryoconservation methods for vegetatively propagated crops (review). *Plant Biotechnology and Breeding.* 2018;1(1):5263 [In Russian] (Ухатова Ю.В., Гавриленко Т.А. Методы криоконсервации вегетативно размножаемых культурных растений. *Биотехнология и селекция растений.* 2018;1(1):5263). DOI: 10.30901/26586266201815263

Vollmer R., Villagaray R., Egusquiza V., Espirilla J., Garcia M., Torres A, Rojas E., Panta A, Barkley N.A, Ellis D. The potato cryobank at the International Potato Center (CIP): a model for long-term conservation of clonal plant genetic resources collections of the future. *CryoLetters.* 2016;37(5):318-329.

Vollmer R., Villagaray R., Cárdenas J., Castro M., Chávez O., Anglin N.L., Ellis D. A large-scale viability assessment of the potato cryobank at the International Potato Center (CIP). *In Vitro Cellular and Developmental Biology – Plant.* 2017;53(4):309-317. DOI: 10.1007/s11627-0179846-1

Научный рецензируемый журнал

БИОТЕХНОЛОГИЯ И СЕЛЕКЦИЯ РАСТЕНИЙ

Научный редактор: Михайлова Е. И.

Переводчик: Шувалов С. В.

Корректор: Шувалов С. В.

Компьютерная верстка: Чухин Г. К.

Подписано в печать 20.12.2020 Формат бумаги 70 × 100 $^{1}/_{8}$
Бумага офсетная. Печать офсетная
Печ. л. 9,5 Тираж 30 экз.

Сектор редакционно-издательской деятельности ВИР
190000, Санкт-Петербург, Большая Морская ул., 42, 44

ООО «Р–ПРИНТ»
Санкт-Петербург, пер. Гривцова, 6Б

БИОТЕХНОЛОГИЯ
И СЕЛЕКЦИЯ
РАСТЕНИЙ

3(3), 2020