

## ВВЕДЕНИЕ

Современный сорт картофеля создают методом комбинационной селекции при тщательном подборе родительских пар, дополняющих друг друга по возможно большему числу полезных признаков. В практической селекции для создания сортов, устойчивых к болезням и вредителям, в качестве доноров признака устойчивости используют межвидовые гибриды, полученные методом половой гибридизации. Комплексное изучение и использование образцов клубненосных видов *Solanum* L. в качестве источников устойчивости картофеля к неблагоприятным абиотическим и биотическим факторам было начато в ВИР сразу при поступлении первых экспедиционных сборов из стран Центральной и Южной Америки (Букасов, 1933; Камераз, 1940). Мировая коллекция генетических ресурсов картофеля, сохраняемая и изучаемая в ВИР, а также созданные методом межвидовой гибридизации родительские линии активно использовались для решения актуальных проблем селекции в России, Беларуси, Казахстане и других странах бывшего СНГ (Kiru et al., 2007). Многолетняя экспериментальная работа с образцами диких и культурных видов картофеля способствовала не только решению практических задач, но и познанию биологических особенностей возделываемых форм картофеля и его диких сородичей, развитию теоретических аспектов селекции, совершенствованию знаний по частной генетике.

При межвидовой гибридизации с участием диких родичей картофеля один цикл скрещивания, последующего изучения и отбора длится не менее пяти лет. Формы, сочетающие множество селекционно-ценных признаков дикорастущих и культурных родичей, создают на этапе пребридинговой (предварительной) селекции. В отделе генетических ресурсов картофеля ВИР этап предварительной селекции по выделению источников и созданию доноров устойчивости картофеля к наиболее опасным патогенам является одним из постоянных направлений исследований, продолжением работ в области межвидовой и отдаленной гибридизации, начатых под руководством А. Я. Камеразы и К. З. Будина (Камераз, 1968; Будин, Соболева, 1970; Камераз и др., 1973; Будин, 1997).

Настоящий каталог отражает основные достижения по созданию на рубеже XX–XXI веков источников и доноров признаков, ценных для селекции картофеля. Первый каталог ВИР «Межвидовые гибриды картофеля – генетические источники и доноры устойчивости к патогенам» (Будин и др., 1989) включал описание 21 донора устойчивости к фитофторозу (возбудитель – *Phytophthora infestans* (Mont.) de Bary), 13 – к золотистой картофельной нематоде (ЗКН, *Globodera rostochiensis*

Wollenweber патотип Ro1), трех – к вирусам мозаичной группы и восемь гибридов – источников устойчивости к М-вирусу картофеля. В последующих каталогах представлены характеристики межвидовых гибридов – доноров с групповой устойчивостью к нескольким патогенам (Будин, 1997; Будин, Рогозина, 1998). Такие формы создавали путем сложной многоступенчатой гибридизации сортов, интродуцированных селекционных клонов и видов: *S. stoloniferum* Schlecht., *S. pinnatisectum* Dun., *S. bulbocastanum* Dun., *S. vernei* Bitt. et Wittm. ex Engl., *S. microdontum* Bitt., *S. spegazzinii* Bitt.

Изменения популяционной структуры возбудителя фитофтороза и Y-вируса картофеля (YVK), отмеченные в конце XX – начале XXI столетия, вызвали необходимость радикального обновления генофонда коммерчески возделываемых сортов. Для создания российских сортов картофеля, устойчивых к глободерозу (возбудитель ЗКН патотипа Ro1), потребовался новый исходный селекционный материал с комплексной устойчивостью к болезням и другими ценными признаками (Симаков и др., 2006). Эффективность использования сложных межвидовых гибридов картофеля в селекционных программах зависит от совокупности присущих им отличительных свойств и степени их изученности. Применение методов молекулярно-генетического анализа позволяет дополнить фенотипическую характеристику сортов и селекционного материала сведениями о наличии в гибридных генотипах картофеля генов устойчивости к вредным организмам (Рогозина, Хавкин, 2017; Гавриленко и др., 2018).

С целью расширения генетической базы селекции и совершенствования характеристики ранее созданного материала в отделе генетических ресурсов картофеля ВИР продолжается работа по углублённому изучению поддерживаемых в коллекции гибридных форм картофеля и созданию новых гибридов с дикими клубненосными видами, ранее не использовавшимися в селекции. В настоящее время в составе клоновой коллекции гибридов картофеля ВИР представлены 186 генотипов, отобранных в потомствах от скрещивания дикорастущих и культурных видов *Solanum* секции *Petota* Dumort. с сортами и селекционными формами картофеля. В родословных гибридных клонов от 2 до 9 клубненосных *Solanum*: дикорастущие североамериканские виды (*S. bulbocastanum*, *S. demissum* Lindl., *S. polytrichon* Rydb., *S. pinnatisectum*, *S. stoloniferum*, *S. vallis-mexici* Juz.), южноамериканские (*S. acaule* Bitt., *S. alandiae* Card., *S. ambosinum* Ochoa, *S. avilesii* Hawkes et Hjerting, *S. berthaultii* Hawkes, *S. chacoense* Bitt., *S. × doddsii* Corr., *S. famatinae* Bitt. et Wittm., *S. gandarillasii* Card., *S. hondelmannii* Hawkes et Hjerting, *S. incamayoense* Okada et Clausen, *S. kurtzianum* Bitt. et Wittm. ex Engl., *S. leptophyes* Bitt., *S. marinasense* Vargas, *S. microdontum*, *S. okadae* Hawkes

et Hjerting, *S. oplocense* Hawkes, *S. simplicifolium* Bitt., *S. sparsipilum* Juz. et Buk., *S. vidaurrei* Card., *S. vernei*) и культурные виды (*S. andigenum* Juz. et Buk., *S. phureja* Juz. et Buk., *S. rybinii* Juz. et Buk.). В настоящем издании представлены 62 клон межвидовых гибридов картофеля, созданных в период с 1990 по 2000 гг. К. З. Будиным и Е. В. Рогозиной в ВИР и В. А. Колобаевым в ВИЗР.

Клоны отобраны по способности к хорошему клубнеобразованию в полевой культуре, устойчивости к наиболее распространенным и опасным болезням и вредителям картофеля и другим ценным для селекции признакам; они расположены в каталоге с учетом родственных отношений и в порядке усложнения происхождения. Информация о происхождении 62 клонов межвидовых гибридов картофеля и их селекционно ценных признаках приведена в таблице 1.

Каталог составлен на основе результатов многолетнего изучения клонов межвидовых гибридов картофеля в полевых условиях различных регионов России: Северо-Западном – Ленинградская обл., Центральном – Московская обл., Тульская обл., Тамбовская обл., Южном – Республика Адыгея и в лабораторных опытах. Изучение межвидовых гибридов картофеля проводилось в соответствии с методикой изучения коллекции картофеля ВИР (Киру и др., 2010) и технологией селекционного процесса картофеля (Симаков и др., 2006). Представленные в каталоге клоны охарактеризованы по комплексу признаков: скороспелости, продуктивности и качеству продукции, устойчивости к болезням и вредителям, сортоотличительным признакам морфологии клубня и венчика; они исследованы с помощью ДНК-маркеров генов устойчивости к фитофторозу, возбудителям карантинных заболеваний – глободероза и рака картофеля, Y- и X-вирусам картофеля (табл. 2).

Фитопатологическое изучение межвидовых гибридов картофеля проведено стандартными методами в полевых условиях и/или при искусственном заражении. Устойчивость клонов картофеля к фитофторозу оценена в условиях полевого генного банка ВИР (НПБ Пушкинские и Павловские лаборатории) в Ленинградской обл., а также в Московской и Тульской обл. Оценка при искусственном заражении проведена в лаборатории болезней картофеля и овощных культур Всероссийского научно-исследовательского института фитопатологии (ВНИИФ, Большие Вязёмы, Московская обл.) согласно методике (Кузнецова и др., 2016).

Устойчивость к YВК оценена в условиях полевого генного банка ВИР. Тип устойчивости гибридных клонов к YВК определен в ВИР по результатам искусственного заражения с помощью механической инокуляции и прививок (Воловик и др., 1995). Инфицирование YВК определяли методом ИФА в модификации «двойной сэндвич» (Clark,

Adams, 1977) диагностическими наборами НПО «Биотехнология» ВНИИКХ им. А. Г. Лорха (Коренево, Московской обл.).

Устойчивость к ЗКН патотипа Ro1 оценена в вегетационном опыте в лаборатории иммунитета растений Всероссийского института защиты растений (ВИЗР, Санкт-Петербург) по методике Лиманцевой (Лиманцева, 2010). Устойчивость к патотипу 1 рака картофеля *Synchytrium endobioticum* (Schilb.) Pers. оценена методом искусственного заражения клубней во Всероссийском пункте по испытанию устойчивости сортов и гибридов картофеля к раку и картофельной нематоде (Коренево, Московская обл.) согласно стандартной методике (Воловик и др., 1995). Умеренная устойчивость к повреждению колорадским жуком *Leptinotarsa decemlineata* Say установлена по результатам оценки в Екатеринбургском (Тамбовская обл.) и Майкопском (Республика Адыгея) филиалах ВИР.

Фенотипическое описание клонов межвидовых гибридов картофеля дополнено результатами их молекулярно-генетического скрининга, проведенного методом ПЦР-анализа с использованием ДНК-маркеров *R*-генов, контролирующих устойчивость картофеля к вредным организмам (см. табл. 2). Наличие в генотипах клоновых растений межвидовых гибридов маркеров *R*-генов устойчивости определяли в лаборатории ДНК-маркеров Всероссийского научно-исследовательского института сельскохозяйственной биотехнологии (ВНИИСБ) и лаборатории биоинженерии Всероссийского научно-исследовательского института картофельного хозяйства им. А. Г. Лорха (ВНИИКХ, Коренево, Московская обл.) Исследовали препараты тотальной ДНК, которую выделяли из листьев молодых растений модифицированным СТАВ методом (Doyle, Doyle, 1987). Молекулярный скрининг проведен с использованием 12 маркеров семи генов устойчивости к фитофторозу: *R1*, *R2/Rpi-blb3*, *R3a*, *R3b*, *RB/Rpi-blb1*, *Rpi-blb2* и *Rpi-vnt1.3*; трех маркеров гена *H1* и одного маркера гена *Gro1.4*, контролирующих устойчивость к ЗКН *G. rostochiensis*, и маркера гена *Gpa2* – устойчивости к бледной цистообразующей нематоде *Globodera pallida* (Stone) Behrens (патотип Pa2); маркеров трех генов: *Ry<sub>adg</sub>*, *Ry<sub>sto</sub>*, *Ry<sub>chc</sub>* – иммунитета к YBK, гена *Rx* – иммунитета к ХБК и гена *Sen1* – устойчивости к раку картофеля (см. табл. 2).

Основная часть каталога содержит краткое агробиологическое описание каждого клона: указаны селекционный номер и гибридная формула, сведения о сроках созревания, продуктивности и элементах структуры урожая, отличительных признаках цветка и клубня, качества продукции. Селекционный номер и происхождение гибридного клона указаны в таблицах 3 и 4, представляющих результаты молекулярно-генетического скрининга.

Коллекция из 62 клонов межвидовых гибридов, состоящая из растений, охарактеризованных по родственной близости и 25–30 морфологическим и агрономическим признакам, является ценным объектом генетических исследований и перспективным материалом для селекции картофеля. Интеграция результатов фенотипического и молекулярно-генетического анализа индивидуальных растений – клонов межвидовых гибридов картофеля – позволяет сопоставить потенциальную устойчивость растений, определяемую их генотипом, с реальными проявлениями устойчивости в конкретных условиях. Сведения о родственных отношениях клонов, контрастных по изучаемому признаку, важны для формирования ядерных коллекций (core collection) и создания популяций, расщепляющихся по целевому признаку, которые станут основой для дальнейшего молекулярно-генетического анализа. Лучшие гибридные клоны с комплексом ценных для селекции признаков: фертильные, устойчивые к вредным организмам, с хорошей продуктивностью и качеством урожая уже используют в качестве родительских форм для создания новых сортов картофеля (Симаков и др., 2017). Знание последовательностей целевых генов и создание на основе этих генов маркеров целевых признаков значительно ускорит процесс интрогрессии желаемых признаков от межвидовых гибридов в новые сорта картофеля. Использование в качестве родительских форм межвидовых гибридов картофеля, сочетающих устойчивость к наиболее вредоносным патогенам с комплексом других хозяйственно ценных признаков, и применение MAS-технологии (технологии маркер-опосредованной селекции) облегчит идентификацию трансгрессивных рекомбинантов, повысит эффективность отбора новых перспективных сортов различных сроков созревания и целевого использования.

Каталог предназначен для генетиков и селекционеров, научных работников, занимающихся изучением биологического разнообразия диких и культурных клубненосных форм рода *Solanum*. Содержащаяся в каталоге информация представляет интерес для селекционных программ и научных учреждений самых разных регионов России, работающих в области предбридинга – создания новых родительских линий для селекции картофеля.

32. Кузнецова М. А., Козловский Б. Е., Бекетова М. П., Соколова Е. А., Малюченко О. П., Алексеев Я. И., Rogozina E. B., Хавкин Э. Е. Фитопатологическая и молекулярная характеристика изолятов *Phytophthora infestans*, собранных с устойчивых и восприимчивых генотипов картофеля // Микология и фитопатология, 2016. Т. 50, № 3. С. 175–184.

33. Лиманцева Л. А. Золотистая картофельная нематода *Globodera rostochiensis* в Северо-Западном регионе РФ: состав популяции, источники и доноры устойчивости : дис. ... канд. с.-х. наук. СПб., 2010. 22 с.

34. Rogozina E. B., Хавкин Э. Е. Межвидовые гибриды картофеля как доноры долговременной устойчивости к патогенам // Вавиловский журнал генетики и селекции. 2017. Т. 21, № 1. С. 30–41. DOI: 10.18699/VJ17.221.

35. Симаков Е. А., Складорова Н. П., Яшина И. М. Методические указания по технологии селекционного процесса картофеля // Достижения науки и техники АПК. М., 2006. 38 с.

36. Симаков Е. А., Жарова В. А., Митюшкин А. В., Бирюкова В. А., Rogozina E. B., Киру С. Д. Использование генетических ресурсов картофеля для повышения эффективности селекции // Тр. по прикладной ботанике, генетике и селекции. 2017. Т. 177, вып. 2. С. 113–121.

## СОДЕРЖАНИЕ

Введение .....	5
Происхождение и селекционно ценные признаки клонов межвидовых гибридов картофеля.....	10
Агробиологическая характеристика клонов межвидовых гибридов картофеля .....	14
ДНК-маркеры, использованные для молекулярного скрининга гибридов картофеля .....	23
Результаты молекулярного скрининга гибридов картофеля на наличие генов устойчивости.....	27
Список литературы .....	32