

МОЛЕКУЛЯРНЫЕ МАРКЕРЫ ГЕНОВ ЭКСТРЕМАЛЬНОЙ УСТОЙЧИВОСТИ К У ВИРУСУ КАРТОФЕЛЯ В СОРТАХ И ГИБРИДАХ *Solanum tuberosum* L.*

В.А. Бирюкова,¹ кандидат биологических наук, **И.В. Шмыгля,¹**
В.А. Жарова,¹ кандидат сельскохозяйственных наук, **М.П. Бекетова,²** кандидат биологических наук,
Е.В. Рогозина,³ доктор биологических наук,
А.В. Митюшкин,¹ **А.А. Мелёшин,¹** кандидаты сельскохозяйственных наук

¹Всероссийский научно-исследовательский институт картофельного хозяйства имени А. Г. Лорха,
 140051, Московская область, Красково, ул. Лорха, 23 В

²Всероссийский научно-исследовательский институт сельскохозяйственной биотехнологии,
 127550, Москва, ул. Тимирязевская, 42

³Федеральный исследовательский центр Всероссийский институт генетических ресурсов растений имени Н.И. Вавилова,
 190000, Санкт-Петербург, ул. Б. Морская, 42-44
 E-mail: vika_biryukova@inbox.ru

У вирус картофеля (УВК) относится к наиболее вредоносным патогенам, снижающим урожайность и качество этой культуры. Количество современных сортов, устойчивых к широкому спектру штаммов УВК, очень ограничено, поэтому селекция картофеля в этом направлении актуальна. Молекулярные маркеры *Ry* генов служат универсальным инструментом для идентификации источников устойчивости среди существующего разнообразия генотипов картофеля. В настоящем исследовании молекулярные маркеры *Ry* генов – *YES3-3A*, *YES3-3B*, *RYSC3*, *Ry186* использованы для скрининга зарубежных и отечественных сортов и гибридов картофеля из коллекции ВНИИ картофельного хозяйства и ВНИИ растениеводства. По данным молекулярного скрининга и анализа родословных установлено, что отечественные сорта и гибриды картофеля, характеризующиеся экстремальной устойчивостью к УВК, получены на основе зарубежных сортов *Alwara*, *Arosa*, *Bison*, *Bobr*, *Roko*, а также беккроссов венгерской селекции – доноров гена *Ry_{sto}*, сцепленного с ЦМС, и формы 128/6 – донора гена *Ry_{adg}*, производных от *S. stoloniferum*. Маркер *RYSC3*, сцепленный с *Ry_{adg}*, обнаружен в межвидовых гибридах ВИР – 8-1-2004, 8-3-2004, 8-5-2004, 135-5-2005, 135-3-2005, имеющих одинаковое происхождение с участием видов *S. okadae* K-20921 Hawkes et Hjerting и *S. chacoense* K-19759 Bitt. Маркер *Ry186* гена *Ry_{chc}* встречается редко и присутствует у 5% генотипов картофеля. Молекулярный скрининг выявил образцы картофеля с маркерами *Ry* генов, представляющими особый интерес для дальнейшей селекции. Данные о наличии маркеров *Ry* генов в сортах и гибридах картофеля служат ценной информацией при подборе исходных форм для гибридизации.

MOLECULAR MARKERS OF GENES FOR EXTREME RESISTANCE TO POTATO VIRUS Y IN VARIETIES AND HYBRIDS *Solanum tuberosum* L.

**Biryukova V.A.¹, Shmiglya I.V.¹, Zharova V.A.¹, Beketova M.P.²,
 Rogozina E.V.³, Mityushkin A.V.¹, Meleshin A.A.¹**

¹Lorch Potato Research Institute, 140051, Moskovskaya oblast, Kraskovo, ul. Lorcha, 23

²Institute of Agricultural Biotechnology, 127550, Moskva, ul. Timiryazevskaya, 42

³N.I. Vavilov Research Institute of Plant Industry, 190000, Sankt-Peterburg, ul. Bolshaya Morskaya, 42-44
 E-mail: vika_biryukova@inbox.ru

Potato virus Y (PVY) are among the most harmful viral pathogens that reduce the yield and quality of potatoes. The number of modern varieties resistant to a wide range of PVY strains is very limited, therefore, the selection of potatoes in this direction does not become irrelevant. Molecular markers of the *Ry* genes are universal tools for identifying new sources of resistance among existing biodiversity of potato genotypes. Since potato varieties and hybrids containing *Rysto* tend to exhibit cytoplasmic male sterility associated with γ mitochondrial DNA, the definition of cytoplasmic types is important. In the article, molecular markers of the *Ry* genes — *YES3-3A*, *YES3-3B*, *RYSC3*, *Ry186* were used for screening foreign and Russian varieties and hybrids potatoes from the collections of Lorch Potato Research Institute and N.I. Vavilov Institute of Plant Genetic Resources. Molecular screening and analysis of pedigree revealed that russian varieties and hybrids of potatoes characterized by extreme resistance to PVY were obtained on the basis of foreign varieties *Alwara*, *Arosa*, *Bison*, *Bobr*, *Roko*, as well as backcrosses of the Hungarian selection – donors of the *Ry_{sto}* gene linked to cytoplasmic male sterility, and forms 128/6 – a donor of the *Ry_{adg}* gene, derived from *S. stoloniferum*. The marker *RYSC3* coupled to *Ry_{adg}* was found in interspecies hybrids of N.I. Vavilov Institute of Plant Genetic Resources – 8-1-2004, 8-3-2004, 8-5-2004, 135-5-2005, 135-3-2005, having the same origin with the participation of *S. okadae* species K-20921 Hawkes et Hjerting and *S. chacoense* K-19759 Bitt. The marker *Ry186* of the gene *Ry_{chc}* is rare. It is present in 5% of the potato genotypes. Molecular screening revealed samples of potatoes with markers of the *Ry* genes. They are of particular interest for further breeding. Data on the presence of *Ry* markers of genes in potato varieties and hybrids, serve as valuable information in the selection of initial forms for hybridization.

Ключевые слова: картофель, *Solanum tuberosum* L., гены устойчивости, маркер-вспомогательная селекция, У вирус картофеля, ДНК маркеры

Key words: potato, *Solanum tuberosum* L., resistance genes, marker-assistant selection, potato virus Y, DNA markers

Картофель как вегетативно размножаемая культура накапливает вирусы, которые сохраняясь в клубнях, передаются в последующие поколения и в зависимо-

сти от штамма, условий возделывания и сортовых особенностей способны снижать урожайность от 5 до 80% [1]. На сортах и гибридах в Центральном регионе РФ

*Исследование выполнено в соответствии с НИОКТР, № госрегистрации АААА-А17-117080910193-8.

по результатам иммуноферментного анализа (ИФА) диагностируются Y, X, M и S вирусы картофеля. По распространению и вредоносности наиболее важен Y вирус картофеля (YVK), поражение которым может привести к полному вырождению растений, особенно в смеси с X и M вирусами. В настоящее время известно 9 групп штаммов и выявляют все новые изоляты YVK [2]. Оптимальная стратегия борьбы с вирусными болезнями – селекция на устойчивость, обеспечивающая долговременную защиту картофеля независимо от появления новых штаммов патогенов. Устойчивые к YVK сорта картофеля очень выгодны для семеноводства, поскольку их можно возделывать при более продолжительном периоде сортообновления. Так, сорта Ресурс, Колобок, Голубизна выращивают в условиях жесткого инфекционного фона Московской области в течение более чем 25 лет.

Выделяют два основных типа устойчивости к вирусам картофеля – реакция сверхчувствительности и экстремальная (крайняя) устойчивость. Экстремальная устойчивость обнаружена у некоторых видов *Solanum* – к YVK – у *S. stoloniferum* Schlecht. et Bche, *S. andigenum* Juz. et Buk., *S. chacoense* Bitt. Этот тип устойчивости не является штаммоспецифичным, наследуется моногенно и контролируется основными генами соответственно Ry_{adg} , Ry_{sto} , Ry_{chc} [3,1]. Ry -опосредованная устойчивость эффективна в отношении всех, в том числе и широко распространенных рекомбинантных – NTN (PVY^{NTN}) и Wilga (PVY^{N-wi}/PVY^{N-o}) штаммов YVK [4]. Молекулярные маркеры, сцепленные с Ry генами, разработаны и широко применяют в селекции для эффективного отбора генотипов, поиска новых источников и доноров, а также для определения аллельного состояния у исходных форм картофеля [5-11].

Цель исследования – выделение источников экстремальной устойчивости к XVK и YVK среди сортов и гибридов картофеля отечественной и зарубежной селекции из коллекции Всероссийского научно-исследовательского института картофельного хозяйства имени А.Г. Лорха – ВНИИКХ и Всероссийского научно-исследовательского института растениеводства имени Н.И. Вавилова – ВИР на основании скрининга на наличие маркеров Ry генов и анализа родословных, данных о фенотипической устойчивости к YVK; изучение интрогрессии Ry генов от беккроссов различного происхождения в сорта и новый гибридный материал.

Методика. Растительный материал. На наличие маркеров генов экстремальной устойчивости к YVK протестировано 190 генотипов картофеля, из них 135 сортов отечественной и зарубежной селекции, 55 перспективных гибридов и гибридов-беккроссов межвидового происхождения из коллекции ВНИИКХ и ВИР.

Молекулярный анализ. Выделение ДНК проводили СТАВ-методом [6]. Молодые листья растений, световые ростки клубней (200-250 мг) гомогенизировали с 1 мл 2×-СТАВ буфера, содержащего 2% (v/v) 2-меркаптоэтанола. Для молекулярного скрининга использовали STS маркеры YES3-3A и YES3-3B гена Ry_{sto} [6], SCAR-маркер RYSC3 гена Ry_{adg} [5], STS маркеры Ry_{186} гена Ry_{chc} [7]. Амплификацию ДНК проводили в термодиклере PTC-100 (MJ Research). Нуклеотидные последовательности праймеров и условия ПЦР соответствовали для YES3-3A и YES3-3B, RYSC3 и Ry_{186} [5-7]. Реакционная смесь объемом 25 μ л (мкл) содержала 2,5 μ л (мкл) 2,5 мМ (мМ) смесь дезоксирибонуклеозидтрифосфатов (Хеликон, Россия), 2,5 μ л (мкл) 25 мМ (мМ) водный раствор хлорида магния (Thermo Fisher Scientific, Литва), 0,1-0,5 μ л (мкл) 100 μ М (мкМ) каж-

дого праймера (Синтол, Россия), 0,2 μ л (мкл) термостабильной ДНК-полимеразы (Синтол, Россия) 5 е.а./ μ л (е.а./мкл), 2,5 μ л (мкл) 10X реакционный буфер для термостабильной ДНК-полимеразы (Синтол, Россия), 5 μ л (мкл) пробы кДНК и 10-14 μ л (мкл) воды милли-Q качества. Присутствие специфических фрагментов детектировали электрофоретическим разделением продуктов амплификации в 1,5-2%-ном агарозном геле, окрашенным бромистым этидием.

Данные о фенотипической устойчивости к YVK у иностранных сортов картофеля были взяты из European cultivated potato database [12]. Сорта селекции ВНИИКХ и гибриды ВИР ранее оценивали на устойчивость к PVY с использованием стандартных методов естественного и искусственного заражения [13, 14]. Информация о родословных сортов была составлена по Zimnoch-Guzowska E. [15], Яшиной и др. [13], European cultivated potato database [12].

Результаты и обсуждение. Скрининг сортов и гибридов картофеля с использованием STS маркеров YES3-3A и YES3-3B Ry_{sto} , анализ родословных. Маркеры YES3-3A и YES3-3B гена Ry_{sto} обнаружены в отечественных сортах Ресурс, Погарский, Корона, Брянский красный, Юбилей Жукова, Сокольский, Москворецкий, Колобок, Накра, Гранд, Метеор, Ильинский и иностранных сортах Blue Danube (Венгрия), Bobr (Польша), Estrella, Delphine, Ronea (Германия), Roko (Нидерланды), характеризующихся относительно высоким уровнем устойчивости к YVK. Наличие YES3-3A и YES3-3B в немецких сортах картофеля Alwara, Arosa, Assia, Fanal, Franzi, Heidrun, Ute, на которых STS маркеры ранее были валидированы [6], и в некоторых отечественных сортах картофеля совпадает с результатами других аналогичных исследований [16-18], что свидетельствует о воспроизведении метода селективного скрининга для гена Ry_{sto} , разработанного Song, Schwarzfischer [6].

Происхождение Ry_{sto} гена может быть различным в зависимости от того, какой образец *S. stoloniferum* использовали изначально. Согласно анализу родословных, отечественные сорта и гибриды картофеля, в которых обнаружены маркеры YES3-3A и YES3-3B, в зависимости от первоисточников гена Ry_{sto} можно разделить на три группы. Первая группа включает сорта Накра (от Bison), Гранд и гибриды картофеля комбинаций 1575, 1603, 4421, 4434, 4547, 4624, 4707, 4701, полученные на основе немецких сортов Alwara, Arosa и голландского сорта Roko (рис. 1). Во вторую группу входят отечественные сорта – Колобок, Москворецкий, Погарский, Ресурс, Корона, Юбилей Жукова, Брянский красный, Сокольский, отобранные в первом-втором поколении от скрещиваний с пятивидовыми (sto, dms, tbr, acl, chc) гибридами (69.54.03.259, KE-23, KE-31, KZ-1001, KE-1001), а также гибридные комбинации 92.13, 2650, 4694, 4698, 4609 на их основе (рис. 2). Пятивидовые гибриды – источники крайней устойчивости к Y, X и S вирусам картофеля были получены от доктора I. Sárvári из Венгрии. Третья группа происходит от скрещивания родителей ((гибрид *S. stoloniferum*) × Frühmolle × Falke). К ней относятся межвидовые гибриды ВИР – 94-5 и 99-10-1 (от сорта Bobr), а также гибридные комбинации 2107 и 1719 (рис. 3).

Отечественные сорта Метеор и Ильинский, в которых выявлены маркеры Ry_{sto} , не причислены ни к одной из трех групп в связи с неясностью в их родословных. Материнские компоненты сортов Метеор и Ильинский – соответственно гибрид 84.19/44 и сорт Atlantic, по линии которых должна наследоваться крайняя устой-

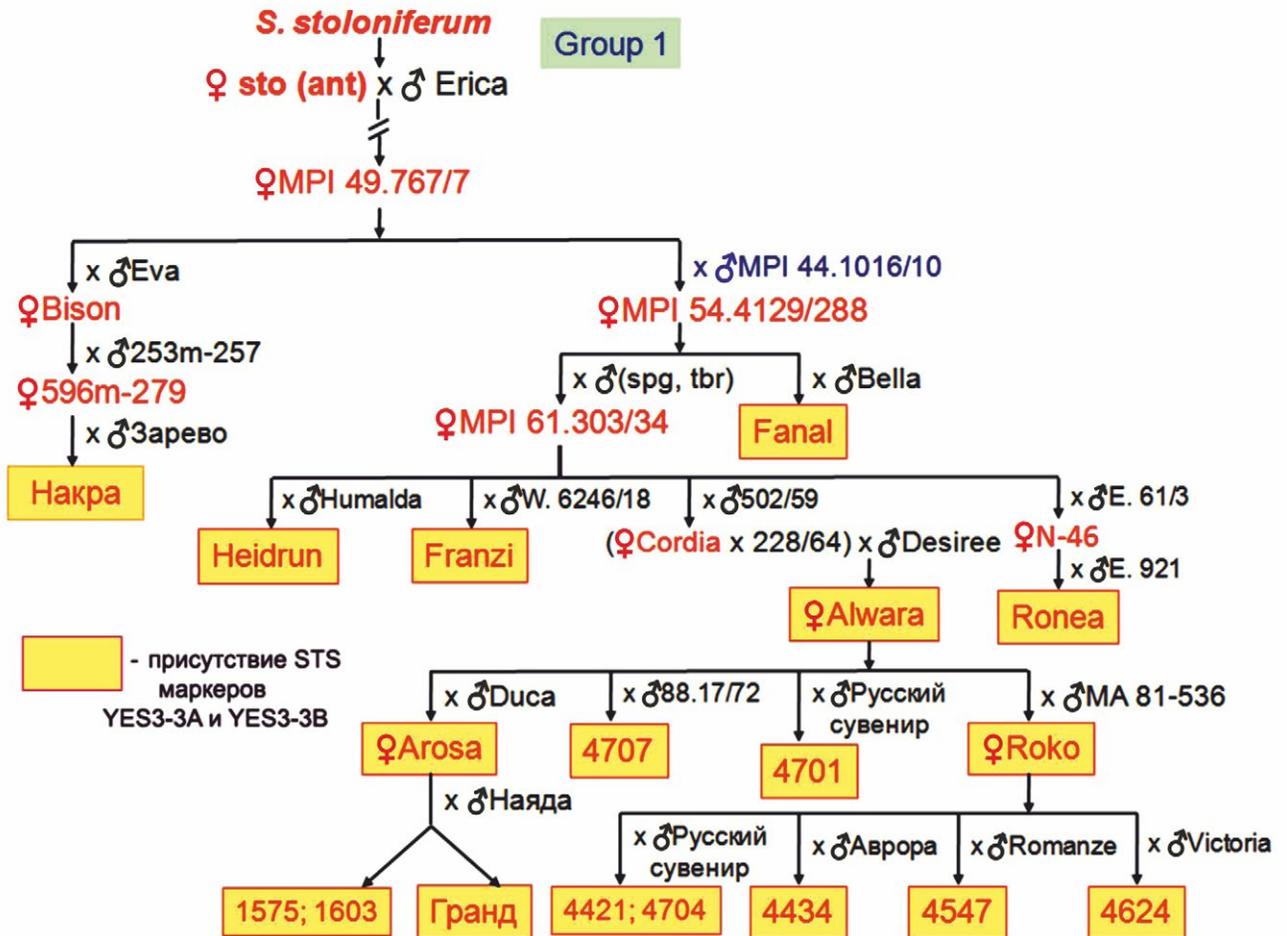


Рис. 1. Родословная сортов и гибридов первой группы.



Рис. 2. Родословная сортов и гибридов второй группы.

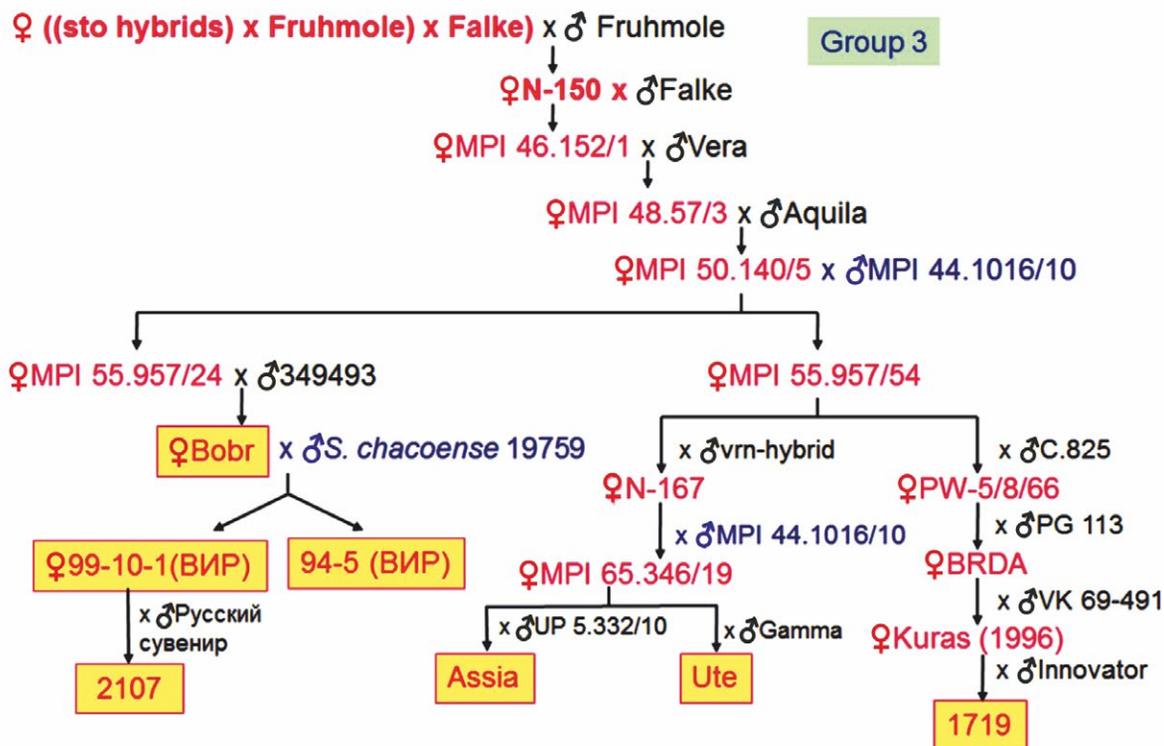


Рис. 3. Родословная сортов и гибридов третьей группы.

чивость к YBK, не содержат YES3-3A и YES3-3B. Возможной причиной этому является неверно указанное происхождение сортов Метеор и Ильинский. Анализ родословных и результаты молекулярного скрининга подтверждают наследование Ry_{sto} по материнской линии.

Скрининг сортов и гибридов картофеля с использованием SCAR-маркера RYSC3 гена Ry_{adg} и STS маркера $Ry186$ гена Ry_{chc} анализ родословных. Маркер RYSC3 сцеплен с геном Ry_{adg} , который интрогрессирован в сорта картофеля от культурного вида *S. andigenum*. Возможно, источником гена Ry_{adg} для маркирования которого разработан RYSC3, является не только *S. andigenum*. Доказательством данного предположения может быть присутствие RYSC3 маркера в форме 128-6 и в созданных с ее участием устойчивых к YBK отечественных сортах Голубизна, Эффект, Фрителла (от Эффекта), Киви, Вектор (2372-66), Находка (2372-60) и комбинациях гибридов 97.11, 2657, 2660, 2747, 2748, 4497, 4514, 4762, 4767, 4769, а также в сорте Брянский ранний, полученных от смеси семян от самоопыления беккроссов *S. stoloniferum* x *S. tuberosum* (поколение S_1B_n или F_2B_n) (рис. 4). Семена беккроссов были предоставлены доктором N. Simmonds из Великобритании. Наиболее эффективная родительская форма – гибрид 128-6 – обладает высокой фертильностью, что редко встречается у форм, устойчивость к YBK в которых наследуется от *S. stoloniferum*.

По результатам молекулярного скрининга, RYSC3 обнаружен в межвидовых гибридах VIP – 8-1-2004, 8-3-2004, 8-5-2004, 135-5-2005, 135-3-2005 и гибридной комбинации 2132, имеющих одинаковое происхождение с участием видов *S. okadae* к-20921 Hawkes et Hjerting и *S. chacoense* к-19759 Bitt (рис. 5). Помимо *S. andigenum* маркер гена Ry_{adg} был обнаружен в дру-

гих видах *Solanum*. Установлено, что маркер RYSC3 широко представлен в устойчивых к YBK образцах, как *S. andigenum*, так и *S. stoloniferum*, *S. demissum*, *S. tarnii* Hawkes & Hjert [9, 19]. Специфический фрагмент RYSC3 размером 320 п.н. (пар нуклеотидов) также был выявлен у Y-иммунных и Y-восприимчивых генотипов *S. pinnatisectum* Dup. В исследуемых зарубежных сортах картофеля RYSC3 не найден, и по данным Гавриленко и др. [20], среди видов *Solanum* SCAR маркер Ry_{adg} встречается также крайне редко – всего у 2% образцов.

Маркер гена Ry_{chc} присутствует в сорте Ахона (Венгрия) и гибридных комбинациях 1721, 1731, 4830, 4829, полученных на основе сортов Sargo Mira (Венгрия), Белоснежка, Башкирский, Тирас (Украина), в которых $Ry186$ был выявлен ранее [16]. Однако источники гена Ry_{chc} у сортов Sargo Mira (Венгрия), Ахона (Венгрия), Башкирский, Тирас (Украина) не известны. Маркер гена Ry_{chc} не обнаружен в широко используемых в селекционных программах родительских линиях – беккроссах 88.16/20 и 88.34/14, полученных на основе *S. chacoense* f. *garciae* 58d и характеризующихся относительно высоким уровнем полевой устойчивости к YBK. В происхождении сорта Белоснежка через гибрид Г-264 участвует другая форма *S. chacoense*, от которой может наследоваться ген Ry_{chc} .

Следует отметить, что отечественные и иностранные сорта картофеля Bravo, Бриз, Волат, Взрыв, Даренка, Жигулёвский, Жуковский ранний, Журавинка, Крепыш, Лилея, Нида, Скарб, Фаворит, Фиолетовый, Уладар, Утёнок, Янтарь, Impala, Riviera, Red Scarlet, Secuga, в которых по результатам ИФА и ОТ-ПЦР анализа детектирована YBK инфекция [21], не содержат молекулярные маркеры Ry генов. Отсутствие маркеров

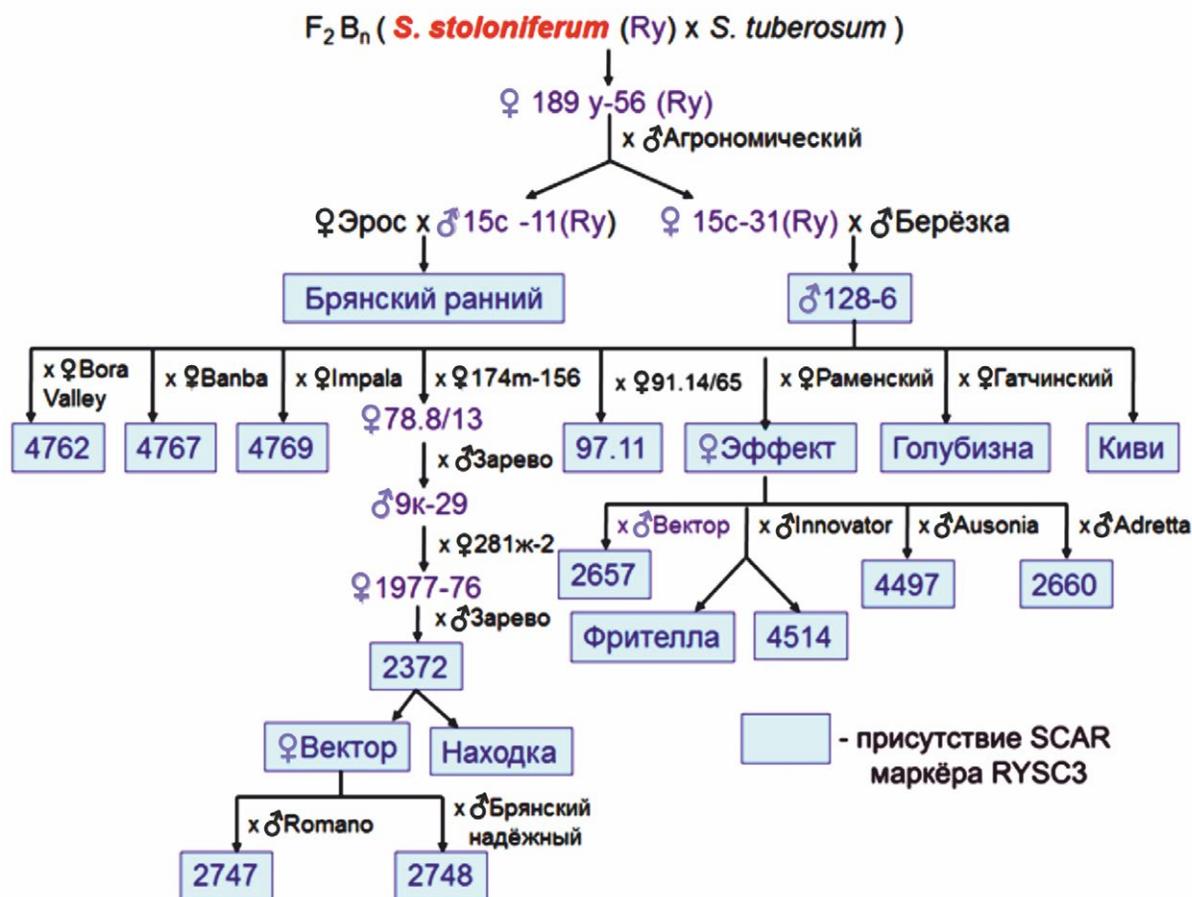


Рис. 4. Родословная сортов и гибридов, полученных от самоопыления беккроссов *S. stoloniferum* x *S. tuberosum*.

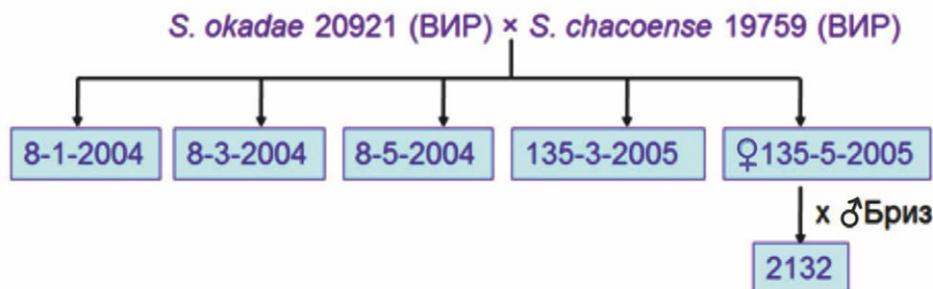


Рис. 5. Родословная межвидовых гибридов ВИР.

в восприимчивых генотипах картофеля свидетельствует в пользу их специфичности.

Таким образом, молекулярный скрининг и анализ родословных позволили выявить первоисточники экстремальной устойчивости к Y вирусу картофеля у сортов и гибридов из коллекции ВНИИКХ и ВИР. При этом *Ry* гены имеют различное происхождение. По результатам молекулярного скрининга, среди исследуемых генотипов картофеля преобладают сорта и гибриды с маркерами гена *Ry_{sto}*. Это связано с длительным использованием в селекции картофеля в качестве источников устойчивости к YВК немецких сортов от *S. stoloniferum*. Однако образцы картофеля с комбинацией маркеров различных *Ry* генов не обнаружены. Для дальнейшего прогресса селекции в этом направлении

необходимо расширять генетическую базу исходного материала за счет привлечения новых источников устойчивости. В связи с этим в качестве родительских форм на устойчивость к YВК перспективны межвидовые гибриды ВИР – 8-1-2004, 8-3-2004, 8-5-2004, 135-5-2005, 135-3-2005, полученные с участием *S. okadae* и *S. chacoense*, в которых присутствует маркер RYSC3. Поскольку экстремальная устойчивость в большей степени, чем другие типы защиты, может быть преодолена за счет возникновения рекомбинантных штаммов вирусных патогенов, поиск новых *Ry* генов остается актуальной задачей для селекции картофеля. Более того, в сортах картофеля нового поколения необходимо объединять как *Ry* гены из разных источников, так и гены разных типов устойчивости.

Литература

1. Ahmadvand R., Takács A., Taller J., Wolf I. and Polgár Z. Potato viruses and resistance genes in potato // *Acta Agronomica Hungarica*. – 2012. – V.60. – № 3. – P. 283–298. DOI:10.1556/AAgr.60.2012.3.10.
2. Chikh-Ali M., Alruwaili H., Pol D. V. and Karasev A. V. Molecular characterization of recombinant strains of Potato virus Y from Saudi Arabia // *Plant Disease*. – 2016. – V.100. – №2. – P. 292–297. DOI: 10.1094/PDIS-05-15-0562-RE
3. Росс Х. Селекция картофеля. Проблемы и перспективы. – М.: Агропромиздат, 1989. – 183 с. ISBN 5-10-001364.
4. Ribeiro SRRP, Pinto CABP, Costa SBF, Menezes M and Figueira AR. Resistance of potato clones to necrotic recombinant strains of potato virus Y (PVY) // *Ciência Agrotecnologia*. – 2014. – V.38. – №4. – P.343–351.
5. Kasai K., Morikawa Y., Sorri V.A., Valkonen J.P.T., Gebhardt C. and 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. – V.43. – P.1–8.
6. 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. – V.85. – P.159–170. DOI: 10.1007/s12230-008-9012-8.
7. Mori K., Sakamoto Y., Mukojima N., Tamiya S., Nakao T., Ishii T. and 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. – V.80. – P. 347 – 355. DOI: 10.1007/s10681-011-0381-6.
8. Lopez Pardo R., Barandalla L., Ritter E., and de Galarreta J.I.R. Validation of molecular markers for pathogen resistance in potato // *Plant Breeding*. – 2013. – V.132. – №3. – P. 246–251. DOI: 10.1111/pbr.12062
9. Рогозина Е.В., Шувалов О.Ю., Антонова О.Ю., Гавриленко Т.А. Межвидовое и внутривидовое разнообразие картофеля по устойчивости к Y вирусу // *Сельскохозяйственная биология*. – 2012. – Т. 47. – №5. – С. 64–69.
10. Ермишин А.П., Свиточ О.В., Воронкова Е.В., Гукасян О.Н., Лукша В.И. Определение состава и аллельного состояния генов устойчивости к болезням и вредителям у родительских линий картофеля с помощью ДНК-маркеров // *Генетика*. – 2016. – Т. 52. – №.5 – С. 569–578. DOI: 10.7868/S0016675816050052
11. Гавриленко Т.А., Клименко Н.С., Антонова О.Ю., Лебедева В.А., Евдокимова З.З., Гаджиев Н.М., Анапикова 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. – Т. 22. – № 1. – С. 35–45. DOI 10.18699/VJ18.329
12. European cultivated potato database (<http://www.europotato.org/index.htm>)
13. Яшина И.М., Склярова Н.П., Симаков Е.А. Оценка эффективности исходного материала картофеля по результатам селекционной работы на устойчивость к вирусам и фитофторе. // *Доклады Российской академии сельскохозяйственных наук*. – 1998. – №5. – С. 5– 12.
14. Рогозина Е.В., Бирюкова В.А., Симаков Е.А., Жарова В.А., Чалая Н.А., Кузнецова М.А., Рогожин А.Н., Бекетова М.П., Фадина О.А., Хавкин Э.Е. Межвидовые гибриды как родительские формы для упреждающей селекции картофеля на устойчивость к болезням и вредителям // *Достижения науки и техники АПК*. – 2018. – Т. 32. – №1. – С. 26–31. DOI 10.24411/0235-2451-2018-10105
15. Zimnoch-Guzowska E. Pedigree of European and north-American potato varieties // *Plant Breeding and Seed Science*. – 1997. – V.41. – №1. – P. 3–143
16. Бирюкова В.А., Шмыгля И.В., Абросимова С.Б., Запекина Т.И., Мелёшин А.А., Митюшкин А.В., Мананков В.В. Поиск источников генов устойчивости к патогенам среди образцов селекционно-генетических коллекций ВНИИКС с использованием молекулярных маркеров // *Защита картофеля*. – 2015. – №1. – С. 3–7.
17. Бекетова М.П., Соколова Е.А., Рогозина Е.В., Кузнецова М.П., Хавкин Э.Е. Два ортолога гена R1 устойчивости к фитофторозу у дикорастущих и культурных форм картофеля // *Физиология растений*. – 2017. – Т. 64. – №5. – С. 372–382. DOI 10.7868/S0015330317050025
18. Антонова О.Ю., Клименко Н.С., Евдокимова З.З., Костина Л.И., Гавриленко Т.А. Последовательности, гомологичные участкам гена RB/Rpi-blb1/Rpi-sto1, у сортов картофеля, созданных методами традиционной селекции // *Вавиловский журнал генетики и селекции*. – 2018. – Т.22. – №6. – С. 693–702. DOI 10.18699/VJ18.412
19. Бекетова М.П., Рогозина Е.В., Чалая Н.А., Хавкин Э.Е. (2018) Маркеры генов экстремальной устойчивости к Y вирусу картофеля у дикорастущих видов секции *Petota* рода *Solanum* L. *Вестник Московского государственного областного университета. Серия: Естественные науки*. – 2018. – №4. – С.99–106. DOI 10.18384/2310-7189-2018-4-99-106
20. Гавриленко Т.А., Афанасенко О.С., Антонова О.Ю., Рогозина Е.В., Хютти А.В., Шувалов О.Ю., Исламишина 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 (08-04-13747). / В книге: *Ориентированные фундаментальные исследования и их реализация в АПК России: материалы конференции, 2009*. – С. 94–100.
21. Усков А.И., Варицев Ю.А., Бирюкова В.А., Галушка П.А., Варицева Г.П., Шмыгля И.В., Кравченко Д.В. Изучение штаммового состава Y вируса картофеля из различных регионов Российской Федерации и Беларуси // *Земледелие*. – 2016. – №8. – С. 36–38.

Поступила в редакцию 04.03.19
 После доработки 06.05.19
 Принята к публикации 02.06.19