

РАЗДЕЛ 2

ГЕНЕТИКА КАРТОФЕЛЯ

УДК 635.21:631.524.86:631.527.8

<https://doi.org/10.47612/0134-9740-2022-30-38-45>

Д. В. Башко^{1, 2}, В. И. Бушуева¹, В. А. Козлов², Н. В. Русецкий²,
А. В. Чашинский², Т. В. Семанюк², И. А. Михалькович²

¹ УО «Белорусская государственная сельскохозяйственная академия»,
г. Горки, Могилевская область

² РУП «Научно-практический центр Национальной академии наук
Беларуси по картофелеводству и плодоовощеводству»,
аг. Самохваловичи, Минский район
E-mail: geneticabelbulba@mail.ru

МОЛЕКУЛЯРНЫЕ МАРКЕРЫ ГЕНОВ УСТОЙЧИВОСТИ К КАРТОФЕЛЬНЫМ ЦИСТООБРАЗУЮЩИМ НЕМАТОДАМ И РАКУ КАРТОФЕЛЯ У МЕЖВИДОВЫХ ГИБРИДОВ

РЕЗЮМЕ

*Представлены результаты молекулярного скрининга межвидовых гибридов картофеля на наличие генов устойчивости к картофельным цистообразующим нематодам – *Globodera rostochiensis* и *Globodera pallida*, а также раку картофеля – *Synchytrium endobioticum*. Выделены четыре межвидовых гибрида (193-15-3, 0215.258-3, 8м17-44а, 60ум15-5), которые характеризуются наличием шести анализируемых ДНК-маркеров.*

Ключевые слова: картофель; ПЦР; ДНК-маркер; ген; устойчивость; межвидовой гибрид; дикий вид; золотистая картофельная нематода; бледная картофельная нематода; рак картофеля.

ВВЕДЕНИЕ

Картофель является одним из основных продуктов питания в Беларуси, используется в перерабатывающей промышленности и на корм скоту. На протяжении многих лет селекционеры стремятся к высокой урожайности сортов картофеля. Основные потери в урожайности культуры наблюдаются из-за повреждения фитопатогенами. Создание и возделывание сортов картофеля, устойчивых к болезням и вредителям, – одно из основных направлений селекционного процесса. Источниками генетической устойчивости к фитопатогенам являются дикие виды картофеля. В наших исследованиях изучены гибриды, полученные на основе следующих видов картофеля:

S. acaule (2n=48 или 2n=72). Ареал распространения – Перу, Боливия, Аргентина. Вид устойчив к заморозкам больше других диких видов (выдерживает заморозки до – 8 °С), вирусу картофеля X, парше обыкновенной и паршой, ооспорозу, альтернариозу, кольцевой и бурой гнилям, черной ножке, вертицилليуму, эпифахне.

Культурный вид картофеля ***S. andigenum*** (2n=24, 48). Распространен в Южной Америке. Многие образцы *S. andigenum* устойчивы к раку, вирусам X, Y, картофельной

нематоды, альтернариозу, парше обыкновенной, черной ножке, фитофторозу. Некоторые образцы отличаются высокой засухо- и морозоустойчивостью, повышенным содержанием крахмала, белка, витамина С.

S. berthaultii (2n=24). Произрастает в горных районах Боливии. В пределах вида выделены образцы, обладающие специфическим приятным запахом, устойчивые к фитофторозу, черной ножке, альтернариозу, вирусам X, Y, L, нематоды, вертициллезу, колорадскому жуку. У некоторых образцов *S. berthaultii* отмечено образование нередуцированной 2n-пыльцы, что позволяет вовлекать его в гибридизацию с тетраплоидным культурным картофелем.

S. bulbocastanum (2n=24). Ареал распространения – центральная и южная Мексика, а также северо-западная Гватемала. Вид обладает высокой устойчивостью к фитофторозу. Встречаются образцы, устойчивые к вирусам Y, X, черной ножке, с повышенным содержанием крахмала.

S. chacoense – исключительно полиморфный вид, распространен в Южной Америке (2n=24; 2n=36; 2n=48). Большинство образцов устойчивы к обычному и агрессивным патотипам рака, иммунны к вирусам Y, L и A; отдельные – к картофельной и стеблевой нематоде; многие образцы высокоустойчивы к колорадскому жуку.

S. demissum (2n=72). Ареал распространения – Мексика и северо-запад Гватемалы. Обладает высокой устойчивостью к фитофторозу. В пределах вида встречаются образцы, устойчивые к вирусам L, Y, вертициллезу, колорадскому жуку, заморозкам и кольцевой гнили.

S. etuberosum (2n=24). Произрастает в центральной части Чили, от региона V до региона IX, в предгорьях и от средних до верхних склонов Анд. Обладает устойчивостью к PLRV; вирусам Y, X; зеленой персиковой тле.

S. gourlayi (2n=24, 48). Распространен в северо-западных провинциях Аргентины. Растения вида *S. gourlayi* устойчивы к золотистой и бледной нематоде. Большинство образцов устойчивы к раку, парше, вирусам X, Y, M, колорадскому жуку, картофельной совке и картофельной блохе.

S. microdontum (2n=24). Ареал распространения – центральные и восточные горные области Боливии. Устойчив к засухе, раку, парше обыкновенной, вирусам Y, S, A, картофельной и галловой нематоде.

S. okadae (2n=24). Ареал вида охватывает территории горных боливийских департаментов Кочабамба и Ла-Пас с заходом в прилегающие аргентинские провинции Жужуй и Сальта. Устойчив к фитофторе, вирусам, альтернариозу, антракнозу, ризоктониозу и черной ножке.

S. phureja (2n=24) – примитивный культурный вид. Произрастает в южной части Перу и северной части Боливии. В пределах вида встречаются образцы с высоким содержанием белка, крахмала, с высокой устойчивостью к альтернариозу, ризоктониозу, парше обыкновенной, черной ножке, вирусам S, X, Y, M.

S. pinnatisectum (2n=24). Распространен в северо-западных районах Мексики. Включает образцы, устойчивые к фитофторозу, вирусам A, Y и L, вертициллезу, фузариозу, кольцевой гнили, черной ножке, колорадскому жуку, засухе.

S. polyadenium (2n=24). Произрастает в Боливии. Благодаря густому опушению и эфирным маслам, которые выделяют железистые волоски, вид не поедается колорадским жуком.

S. polytrichon (2n=48). Ареал распространения – Мексика. Ряд образцов этого вида обладают устойчивостью к вирусам Y, L, A, колорадскому жуку, картофельной нематоды.

S. rybinii (2n=24). Распространен в горных районах Колумбии. Является индуктором гаплогенеза и служит для получения дигаплоидов картофеля. Данный вид может быть использован в селекции на скороспелость, устойчивость к раку, альтернариозу, ооспорозу, ризоктониозу, парше обыкновенной, порошистой и серебристой, черной ножке, кольцевой гнили, вирусам X, S, M, Y, на повышенное содержание крахмала, белка и витамина C.

S. stoloniferum (2n=48, 2n=36). Произрастает в Мексике. Некоторые формы вида высокоустойчивы к фитофторозу, вирусам A, Y, L, X, S, M, раку, парше обыкновенной, черной ножке, картофельной нематоде, колорадскому жуку.

S. vernei (2n=24). Распространен на северо-западе Аргентины. Вид особо выделяется по содержанию белка и крахмала, некоторые образцы устойчивы к раку, альтернариозу, парше обыкновенной, вирусам X, Y, A, картофельной нематоде, фитофторозу, обладают морозостойкостью и низким содержанием редуцирующих сахаров [1].

Изучение устойчивости к патогенам, к вирусу Y и повышенному содержанию крахмала в полевых условиях занимает длительное время и связано с существенными материальными затратами при том, что картофельные цистообразующие нематоды (далее – КЦН) и рак картофеля являются карантинными заболеваниями. Правильный подбор, изучение и систематизация исходного материала, включение диких и культурных видов картофеля в селекционный процесс, создание эффективных доноров устойчивости к патогенам при помощи маркер-опосредованной селекции позволяют значительно сократить эти сроки [2].

На сегодняшний день выявлены и картированы несколько доминантных генов устойчивости к картофельным цистообразующим нематодам. Ген *H1* обеспечивает устойчивость к патотипу Ro1 *Globodera rostochiensis*, впервые был выявлен в популяции *S. tuberosum* ssp. *andigenum*. Интрогрессия его в европейские сорта была успешной. В настоящее время используется в селекции картофеля как источник эффективной и доступной устойчивости к золотистой картофельной нематоде [3].

Геном, определяющим резистентность ко всем патотипам Ro1, Ro2, Ro3, Ro4, Ro5 *Globodera rostochiensis*, является *Gro1*, который интрогрессирован в сорта картофеля от гибрида культурного картофеля с диким видом *S. spengazzinii*. Последующие исследования установили, что данный локус состоит из нескольких генов, и лишь для *Gro1-4* достоверно подтверждена устойчивость к патотипу Ro1 *Globodera rostochiensis* [3].

Ген *Gpa2*, детерминирующий устойчивость к бледной картофельной нематоде *Globodera pallida*, происходит также от культурного *S. tuberosum* ssp. *andigenum*. Опасность данного вида нематод заключается в том, что они способны преодолевать этот доминантный ген устойчивости [4].

Все три гена устойчивости к КЦН являются весьма ценными для селекции картофеля, так как имеют отличительные механизмы реакции воздействия на патоген. *Globodera pallida* в Беларуси на данный момент не зарегистрирована, однако она присутствует в Польше, что не исключает завоз на территорию нашей страны с семенным материалом. Подтверждены в Беларуси лишь патотипы Ro1 и Ro2 *Globodera rostochiensis*. И завоз новых патотипов из сопредельных государств также не исключен, что является весомым аргументом для использования исходного материала в селекции с комплексом генов устойчивости к нематодам [3].

Рак картофеля, вызываемый облигатным паразитическим грибом *Synchytrium endobioticum*, является карантинным заболеванием во всех странах Европы, в том числе в Беларуси. Обязательное условие включения новых сортов в Государственный реестр сортов Республики Беларусь – устойчивость к возбудителю. Из литературных

источников известно, что ген *Sen1* устойчивости к патотипу 1 рака картофеля доминантен, практически полностью блокирует развитие инфекции и губительно воздействует на патоген. Есть предположения, что происходит ген *Sen1* от *S. tuberosum* [3].

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДИКА

Молекулярный анализ проводили в 2021 г. Для скрининга использовали 41 межвидовой гибрид, созданный в лаборатории генетики картофеля РУП «Научно-практический центр Национальной академии наук Беларуси по картофелеводству и плодоовощеводству». Данные образцы выведены на основе диких видов картофеля *S. acaule*, *S. andigenum*, *S. berthaultii*, *S. bulbocastanum*, *S. chacoense*, *S. demissum*, *S. gourlai*, *S. microdontum*, *S. phureja*, *S. polyadenium*, *S. polytrichon*, *S. rybinii*, *S. stoloniferum*, *S. vernei*.

Выделение геномной ДНК из клубней картофеля осуществляли с помощью наборов реагентов для выделения ДНК «Нуклеосорб» комплектация «С» производства фирмы «Праймтех» согласно протоколу производителя [5]. Для определения качества матрицы ДНК и правильности проведения амплификации использовали внутренний положительный контроль в виде ВСН-маркера, амплифицирующий консервативный участок бета-каротингидроксилазы.

ПЦР-реакции проводили на амплификаторах Veriti (Applied Biosystems, США) и Thermal Cycler (BioRad, США). Визуализацию продуктов амплификации осуществляли разделением в 2 %-м агарозном геле, окрашенном бромистым этидием, с последующей регистрацией результатов с помощью оборудования системы гель-документирования DOC-PRINT-VX2 (Германия).

При приготовлении реакционной смеси объемом 25 мкл использовали готовую смесь для ПЦР-анализа Quick-load Taq 2X Master Mix (ОДО «Праймтех», Беларусь), соответствующие праймеры (прямой и обратный), матрицу ДНК и деионизированную воду в количестве, необходимом до конечного объема смеси. В состав Quick-load Taq 2X Master Mix входят все необходимые компоненты ПЦР: ДНК полимеразы, dNTPs, Mg^{2+} и реакционный буфер, а также красители для непосредственного нанесения реакционной смеси на гель при проведении электрофоретического анализа [5]. Протоколы амплификации и последовательность нуклеотидов в праймерах использовали из литературных источников, представленных в таблице 1.

Использованные в работе праймеры синтезированы в ОДО «Праймтех».

Для определения устойчивости к *Globodera rostochiensis* использовали SCAR-маркеры N146₅₀₆, N195₃₃₇ и 57R₄₅₀ для идентификации гена *H1*, SCAR-маркер Gro1-4₆₀₂, сцепленный с геном *Gro1-4*. Для определения устойчивости к *Globodera pallida* использовался только один STS-маркер Gpa2-2₄₅₂ для идентификации гена *Gpa2*.

Один из основных доминантных генов иммунитета к патотипу 1 *Synchytrium endobioticum* является ген *Sen1*. Присутствие доминантной аллели данного гена может быть диагностировано с помощью SCAR-маркера NL25₁₄₀₀, созданного на основе сиквенса RFLP-фрагмента с таким же названием.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

По результатам исследования было установлено, что ДНК-маркеры на гены устойчивости дают различную частоту встречаемости в выборке.

Стопроцентную частоту встречаемости мы определили для SCAR-маркера NL25₁₄₀₀ (табл. 2).

Со значительно меньшей частотой встречаемости (51,2 %) определен SCAR-маркер Gro1-4₆₀₂.

42 Таблица 1 – Характеристика маркеров генов устойчивости к золотистой и бледной картофельным нематодам, раку картофеля, использованных в работе

ПЦР	Маркер (тип/ген)	Нуклеотидная последовательность праймеров (5' → 3')	Размер (п.н.) ¹	Условия ПЦР
Мультиплексная ПЦР № 1	N146 (SCAR/ген <i>HI1</i>)	F: AAGCTCTTGCCTAGTGTCT R: AGGCGGAACATGCCATG	506	10 мин – 94 °С; далее 35 циклов: 30 с – 94 °С, 30 с – 60 °С, 1 мин – 72 °С и фин. элонг. 5 мин – 72 °С (Asano et al., 2012)
	N195 (SCAR/ген <i>HI1</i>)	F: TGGAAATGGCACCCACТА R: CATCATGTGTTTCACTTGTCAC	337	
	Gpa2-2 (STS/ген <i>Gpa2</i>)	F: GCACCTTAGAGACTCATTCCA R: ACAGATTGTTGGCAGCGAAA	290	
Мультиплексная ПЦР № 2	57R (SCAR/ген <i>HI1</i>)	F: TGCCTGCCTCTCCGATTTCТ R: GGTTCAGCAAAAGCAAGGACGTG	450	10 мин – 95 °С; далее 30 циклов: 45 с – 95 °С, 45 с – 63 °С, 45 с – 72 °С и фин. элонг. 10 мин – 72 °С (Schultz et al., 2012)
	BCH (SCAR/ген <i>BCH</i>)	F: CATGACATAGTTTGAAATTTGAGTC R: GCCTTGGCGCTGCCGTAAGTT	290	
Мультиплексная ПЦР № 3	Gro1-4 (SCAR/ген <i>Gro1-4</i>)	F: TCTTTGGAGATACTGATTCTCA R: CGACCTAAATGAAAAGCATCT	602	3 мин – 94 °С; далее 35 циклов: 45 с – 92 °С, 45 с – 58 °С, 1 мин – 72 °С и фин. элонг. 10 мин – 72 °С (Gebhardt et al., 2006)
	BCH (SCAR/ген <i>BCH</i>)	F: CATGACATAGTTTGAAATTTGAGTC R: GCCTTGGCGCTGCCGTAAGTT	290	
	BCH (SCAR/ген <i>BCH</i>)	F: CATGACATAGTTTGAAATTTGAGTC R: GCCTTGGCGCTGCCGTAAGTT	290	
Мультиплексная ПЦР № 4	NL25 (SCAR/ген <i>Sen1</i>)	F: TATTGTТААTCGTTACTCCCTC R: AGAGTCGTTTACCAGACTCC	1 400	3 мин – 94 °С; далее 35 циклов: 45 с – 92 °С, 45 с – 60 °С, 1 мин – 72 °С и фин. элонг. 10 мин – 72 °С (Asano et al., 2012)
	BCH (SCAR/ген <i>BCH</i>)	F: CATGACATAGTTTGAAATTTGAGTC R: GCCTTGGCGCTGCCGTAAGTT	290	

¹ п.н. – пар нуклеотидов.

РАЗДЕЛ 2. ГЕНЕТИКА КАРТОФЕЛЯ

Таблица 2 – Результаты молекулярного скрининга генов устойчивости к золотистой и бледной картофельным нематодам и раку картофеля у межвидовых гибридов картофеля

Межвидовой гибрид	Маркер (ген)						Дикие виды в родословной
	NL25 (<i>Sen1</i>)	N146 (<i>H1</i>)	N195 (<i>H1</i>)	57R (<i>H1</i>)	Gro1-4 (<i>Gro1-4</i>)	Gpa2-2 (<i>Gpa2</i>)	
70-15-14	+	–	–	–	+	–	<i>dms, blb, acl, phu, ryb, grl, adg</i>
125-15-1	+	–	–	–	+	+	<i>sto, plt, adg, vrn, ryb, chc, mcd</i>
126-15-2	+	+	–	+	+	–	<i>sto, plt, vrn</i>
151-15-4	+	–	–	–	+	–	<i>acl, blb, phu, dms</i>
193-15-3	+	+	+	+	+	+	<i>dms, blb, adg</i>
199-15-1	+	+	+	+	–	–	<i>sto, plt, vrn</i>
204-15-4	+	–	–	–	–	–	<i>dms, blb</i>
241-15-2	+	–	–	–	+	–	<i>dms, adg</i>
241-15-3	+	–	–	–	+	–	<i>dms, adg</i>
260-15-6	+	–	–	–	–	–	<i>sto, plt, vrn, ber, phu</i>
208.181-2	+	–	–	–	+	–	–
215.4-2	+	–	–	–	+	–	–
0215-26-4	+	–	–	–	–	+	<i>ryb</i>
0215.45-12	+	+	+	+	+	–	<i>phu, ber, vrn</i>
0215.46-6	+	–	–	–	+	–	<i>pnt, mcd, dms</i>
0215.50-3	+	+	+	+	+	–	<i>okd</i>
0215.50-23	+	–	–	–	+	–	<i>okd</i>
0215.230-5	+	–	–	–	–	–	<i>ryb</i>
0215.258-3	+	+	+	+	+	+	<i>pnt, mcd, dms</i>
0215.258-7	+	–	–	–	+	–	<i>pnt, mcd, dms</i>
215.274-20	+	+	–	+	–	–	<i>phu, ber, vrn</i>
8м17-44а	+	+	+	+	+	+	<i>sto, chc</i>
50уа15-11	+	–	–	–	–	–	<i>adg, sto</i>
60уа15-5	+	+	+	+	+	+	<i>acl, sto, chc</i>
94уа15-1	+	–	–	–	–	–	<i>ber, grl, chc, adg</i>
136уа15-1	+	+	–	–	+	–	<i>sto, chc</i>
138уа15-5	+	+	–	–	–	–	<i>chc, sto, ber, adg</i>
139уа15-2	+	+	–	–	–	–	<i>chc, sto, blb, dms, adg</i>
195уа15-8	+	+	–	–	–	–	<i>chc, etb</i>
Кс3уа15-12	+	–	–	–	–	–	<i>sto, chc, mcd</i>
Кс3уа15-11	+	+	+	+	–	+	<i>sto, chc, mcd</i>
16Б03-4	+	+	+	+	–	–	<i>blb</i>
16Б08-12	+	+	+	+	+	–	<i>blb</i>
16Б08-22	+	–	–	–	+	–	<i>blb</i>
16П13-10	+	+	+	+	–	–	<i>blb, pld</i>
16П15-1	+	–	–	–	–	–	<i>blb, pld</i>
16П20-8	+	+	+	+	+	–	<i>blb, pld</i>
17К10-2	+	–	–	–	–	+	<i>blb, pld, vrn, phu, ber</i>
17К18-2	+	–	–	–	–	–	<i>blb, pld, vrn, phu, ber</i>
17Р09-1	+	–	–	–	–	+	<i>blb, pld, ryb, chc, acl</i>
17Ч01-2	+	–	–	–	–	–	<i>blb, pld, dms, ryb, adg</i>
Частота встре- чаемости, %	100,0	43,9	29,3	34,1	51,2	22	

Примечания: 1. «+» – маркер выявлен, «–» – маркер не выявлен.
2. *acl* – *S. acaule*, *adg* – *S. andigenum*, *ber* – *S. berthaultii*, *blb* – *S. bulbocastanum*, *chc* – *S. chacoense*, *dms* – *S. demissum*, *etb* – *S. etuberosum*, *grl* – *S. gourlai*, *mcd* – *S. microdontum*, *okd* – *S. okadae*, *phu* – *S. phureja*, *pnt* – *S. pinnaticectum*, *pld* – *S. polyadenium*, *plt* – *S. polytrichon*, *ryb* – *S. rybinii*, *sto* – *S. stoloniferum*, *vrn* – *S. vernei*.

Три SCAR-маркера N146₅₀₆, N195₃₃₇ и 57R₄₅₀ на ген устойчивости *H1* также показывают различную между собой частоту встречаемости: 43,9, 29,3 и 34,1 % соответственно (рис.).

STS-маркер Gra2-2₄₅₂ в наших исследуемых ранее образцах отличался всегда низкой частотой встречаемости в выборке. В данной работе его встречаемость составляет 22 %, что заметно ниже среднего.

Выделены 4 образца: **193-15-3** (*dms*, *blb*, *adg*), **0215.258-3** (*pnt*, *mcd*, *dms*), **8м17-44а** (*sto*, *chc*), **60ум15-5** (*acl*, *sto*, *chc*) с полным комплексом исследуемых ДНК-маркеров на гены устойчивости. Пять межвидовых гибридов: **0215.45-12** (*phu*, *ber*, *vrn*), **0215.50-30** (*okd*), **кс3уа15-11** (*sto*, *chc*, *mcd*), **16Б08-12** (*blb*), **16П20-8** (*blb*, *pld*) характеризуются наличием пяти ДНК-маркеров на гены устойчивости. Комплекс из 4 ДНК-маркеров на гены устойчивости несут в себе 4 исследуемых образца: **126-15-2** (*sto*, *plt*, *vrn*), **199-15-1** (*sto*, *plt*, *vrn*), **16Б03-4** (*blb*), **16П13-10** (*blb*, *pld*). Остальные межвидовые гибриды в выборке характеризуются наличием трех и менее искомым ДНК-маркеров на гены устойчивости.

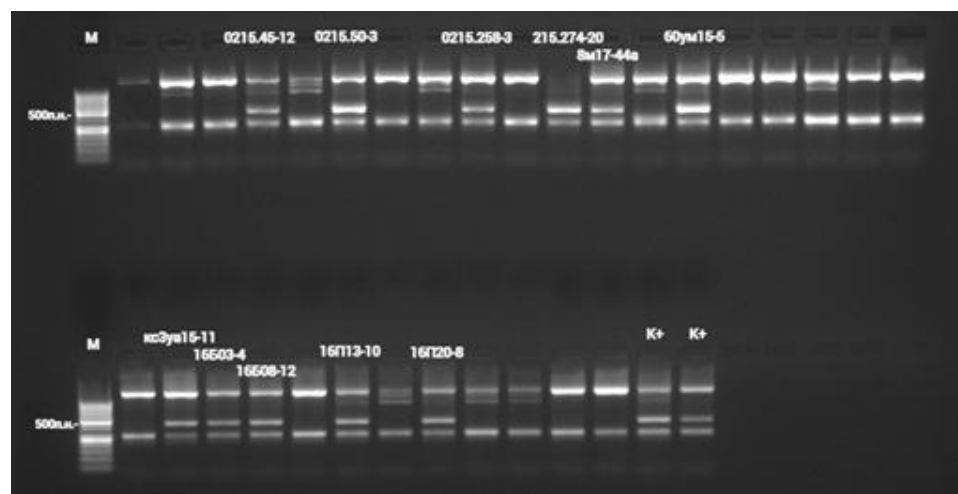


Рисунок – Результаты амплификации SCAR-маркера 57R на наличие гена устойчивости *H1* к *Globodera rostochiensis*

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В результате проведенных исследований установлено, что частота выявления ДНК-маркеров генов устойчивости к картофельным цистообразующим нематодам и раку картофеля была различной.

Для селекции нематодоустойчивых и ракоустойчивых сортов рекомендуется использовать межвидовые гибриды **193-15-3** (*dms*, *blb*, *adg*), **0215.258-3** (*pnt*, *mcd*, *dms*), **8м17-44а** (*sto*, *chc*), **60ум15-5** (*acl*, *sto*, *chc*), полученные на основе диких видов картофеля, с генами устойчивости к *Globodera rostochiensis*, *Globodera pallida* и *Synchytrium endobioticum*.

Список литературы

1. Горбатенко, Л. Е. Виды картофеля Южной Америки (Экология, география, интродукция, систематика, селекционная значимость) / Л. Е. Горбатенко. – СПб. : ВИР, 2006. – 456 с.

2. Применение молекулярных маркеров в селекции на устойчивость к картофельной цистообразующей нематодe / В. А. Бирюкова [и др.] // Труды по прикладной ботанике, генетике и селекции: сб. науч. тр. / Федеральный исслед. центр Всерос. ин-т генетических ресурсов растений им. Н. И. Вавилова (ВИР). – СПб., 2017. – Т. 178. – Вып. 1. – С. 92–103.

3. Межвидовая гибридизация в селекции картофеля / А. П. Ермашин [и др.]; науч. ред. А. П. Ермашин; Нац. акад. наук Беларуси, Ин-т генетики и цитологии. – Минск: Беларус. навука, 2021. – С. 99–111.

4. Устойчивость картофеля к карантинным болезням / А. В. Хютти [и др.] // Вавиловский журн. генетики и селекции. – СПб., 2017. – Т. 21. – Вып. 1. – С. 51–61.

5. Праймтех [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://primetech.by/instrukcii-ro-ispolzovaniyu>. – Дата доступа: 20.09.2022.

6. DNA marker-assisted evaluation of potato genotypes for potential resistance to potato cyst nematode pathotypes not yet invading into Japan / K. Asano [et al.] // Breeding Sci. – 2012. – Vol. 62, № 2. – P. 142–150.

7. Evaluation and implementation of a potential diagnostic molecular marker for *H1*-conferred potato cyst nematode resistance in potato (*Solanum tuberosum* L.) / L. Schultz [et al.] // Plant Breed. – 2012. – 131. – P. 315–321.

8. Marker assisted combination of major genes for pathogen resistance in potato / C. Gebhardt [et al.] // Theor. Appl. Genet. – 2006. – 112. – P. 1458–1464.

Поступила в редакцию 08.11.2022 г.

D. V. BASHKO, V. I. BUSHUEVA, V. A. KOZLOV, N. V. RUSSETSKIY,
A. V. CHASHINSKIY, T. V. SEMANYUK, I. A. MIHALKOVICH

MOLECULAR MARKERS OF RESISTANCE GENES TO POTATO CYST NEMATODES AND POTATO WART IN INTERSPECIFIC HYBRIDS

SUMMARY

*The article presents the results of molecular screening of interspecific potato hybrids for the presence of resistance genes to potato cyst nematodes – *Globodera rostochiensis* and *Globodera pallida*, as well as to potato wart – *Synchytrium endobioticum*. Four interspecific hybrids were identified (193-15-3, 0215.258-3, 8M17-44a, 60yM15-5), which are characterized by the presence of six analyzed DNA markers.*

Key words: potatoes; PCR; DNA marker; gene; resistance; interspecific hybrid; wild potato species; golden potato nematode; pale potato nematode; potato wart.