

УДК 635.21:631.527

А. В. Чашинский

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

СОЗДАНИЕ НОВОГО ИСХОДНОГО МАТЕРИАЛА КАРТОФЕЛЯ, УСТОЙЧИВОГО К ФИТОФТОРОЗУ

РЕЗЮМЕ

В статье приведены результаты работы по созданию нового исходного материала картофеля по устойчивости к фитофторозу за 2012–2016 гг. На основе видов *S. demissum*, *S. bulbocastanum*, *S. microdontum*, *S. simplicifolium*, *S. acaule*, *S. andigenum* и *S. phureja* создано шесть гибридов, обладающих комплексной устойчивостью к фитофторозу, в сочетании с другими хозяйственно ценными признаками.

Ключевые слова: селекция, картофель, фитофтороз, черная ножка, продуктивность, исходный материал.

ВВЕДЕНИЕ

Фитофтороз картофеля, вызываемый оомицетом *Phytophthora infestans* (Mont.) de Bary, является одной из самых опасных болезней картофеля в Республике Беларусь, эпифитотийное или умеренно эпифитотийное развитие которого наблюдается практически ежегодно. Поражение ботвы картофеля приводит к ограничению ассимиляции у растений в период образования клубней, что приводит к снижению продуктивности. Кроме того, фитофтороз наносит и прямой ущерб за счет поражения клубней до и во время уборки и последующего загнивания и развития на них сапрофитных организмов в период хранения. В годы с сильным поражением ботвы и клубней урожай может снижаться на 50–80 % [1].

В настоящее время оомицет *Phytophthora infestans* (Mont.) de Bary способен поражать картофель на протяжении всей вегетации, начиная с появления всходов и до естественного отмирания ботвы. Первые признаки поражения патогеном, как правило, отмечаются на сортах и гибридах практически на месяц раньше обычного, причем независимо от их группы спелости. Также отмечаются отклонения от классической схемы поражения растений, начальные симптомы заболевания все чаще появляются на верхних листьях и стеблях, затем только на средних и нижних, что сделало фитофтороз еще более вредоносным.

Значительно усугубило вредоносность фитофтороза и повысило его адаптационный потенциал к факторам внешней среды появление в республике A_2 типа совместимости. Усложнился расовый состав, расширился спектр вирулентности, повысилась агрессивность патогена, резистентность к существующим фунгицидам [2, 3]. Для борьбы с фитофторозом используются два основных способа: 1-й – создание высокоустойчивых гибридов и сортов картофеля на основе диких видов и межвидовых гибридов; 2-й – использование химических средств защиты. Применение последнего имеет ряд серьезных недостатков. Мировой рынок пестицидов оценивается в сумму, близкую к 30 млрд долл. США ежегодно и продолжает расти. В современном сельском хозяйстве используется около 600 тыс. т пестицидов, что, в свою очередь, приводит к поражению природных экосистем, уменьшает биологическую продуктивность фитоценозов, способствует уничтожению наряду с вредными организмами полезной

микрофлоры и микрофауны. Кроме того, использование одного и того же препарата вызывает появление резистентных рас патогена.

С экологической точки зрения наиболее оправданным способом борьбы с фитофторозом является создание сортов, обладающих высокой степенью устойчивости к патогену. Решить эту задачу возможно путем использования диких и культурных видов картофеля, которые являются богатейшими источниками устойчивости картофеля к болезням, вредителям и экстремальным факторам внешней среды [4–7]. В лаборатории исходного материала Центра ведется активная работа по вовлечению диких видов в селекционный процесс для создания сложных межвидовых гибридов картофеля [8–10].

Созданный на основе сложных межвидовых гибридов, диких и культурных видов исходный материал способен обеспечить селекцию картофеля новыми генетически разнообразными формами для получения высокопродуктивных, устойчивых к фитофторозу и другим болезням сортов картофеля.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДИКА

Исследования проводили в течение 2012–2016 гг. Материалом служили межвидовые гибриды, полученные в НПЦ НАН Беларуси по картофелеводству и плодоовощеводству, Институте картофелеводства Украинской академии аграрных наук, Всероссийском институте генетических ресурсов растений им. Н. И. Вавилова (ВИР), ВНИИ картофельного хозяйства (Россия). Образцы диких видов картофеля были получены из ВИРа, Немецкого генетического банка картофеля (IPK), Немецко-Голландского центра генетических ресурсов (CGN), Американского генетического банка картофеля NRSP-6 (США).

Основными методами селекции, которые применялись в работе, были: внутривидовая и межвидовая гибридизация; отбор фитофтороустойчивых сеянцев на ранних этапах развития в условиях искусственного инфекционного фона; многократный отбор гибридов в пределах семей на жестком естественном инфекционном фоне.

Для гибридизации использовали визуально здоровые растения, свободные от вирусных болезней. Скрещивания выполняли в условиях защищенного грунта при температуре 14–20 °С и влажности воздуха 80–85 %. С целью искусственного усиления цветения удаляли клубни и столоны [11].

Оценку исходного материала картофеля на устойчивость к фитофторозу проводили согласно Методическим указаниям по оценке картофеля на фитофтороустойчивость [12]. Для искусственного заражения сеянцев первого года была использована смесь сложных рас с инфекционной нагрузкой 10–15 конидий в поле зрения микроскопа при увеличении $\times 120$. Оценка гибридов картофеля на устойчивость к фитофторозу по ботве в полевых условиях проводили согласно методическим указаниям, разработанным В. Г. Иванюком и др. [13].

Устойчивость образцов картофеля к фитофторозу клубней оценивали совместно с отделом защиты картофеля [10]. Клубни заражали инфекцией сложной высоковирулентной расой фитофтороза 1;2;3;4;5;6;6+0;7;8;9;10;11;12;хуз с нагрузкой 25–30 конидий в поле зрения светового микроскопа при 120-кратном увеличении. Клубни погружали на 5 мин в суспензию зооспорангиев и затем укладывали во влажные камеры, покрытые пластиком, инкубировали при температуре 15–18 °С в течение 21 суток. Заражение оценивали по величине некроза на поверхности клубней и глубине проникновения гриба в клубни на их продольном разрезе.

Оценку хозяйственно ценных признаков у сортообразцов картофеля проводили в соответствии с Международным классификатором СЭВ [14] и Методическими указаниями по поддержанию и изучению мировой коллекции картофеля [15]. Учет урожая

и его структура, определение содержания крахмала, оценка столовых качеств проводили согласно Методике исследований по культуре картофеля [16].

Сложившиеся погодные условия в годы исследований благоприятствовали развитию фитофтороза, что позволило провести оценку перспективных гибридов в полевых условиях на естественном инфекционном фоне.

Первые признаки фитофтороза на опытном участке в 2014 г. были отмечены в первой декаде июля. Этому способствовали благоприятные погодные условия для развития патогена. В целом вегетационный период 2014 г. способствовал умеренно-эпифитотийному развитию фитофтороза. В конце августа и начале сентября на поздних сортах и гибридах картофеля наблюдалось эпифитотийное развитие фитофтороза.

В 2015 г. первые признаки фитофтороза на опытном участке были отмечены в третьей декаде июля. В это время сложились благоприятные погодные условия для развития патогена. В целом вегетационный период 2015 г. способствовал депрессивному развитию фитофтороза. В конце августа и начале сентября на поздних сортах и гибридах картофеля наблюдалось умеренное развитие фитофтороза.

Вегетационный период 2016 г. характеризовался благоприятными условиями для развития фитофтороза. В конце июля и начале августа на поздних сортах и гибридах картофеля наблюдалось эпифитотийное развитие фитофтороза.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

Для успешной работы при создании исходного материала картофеля, устойчивого к фитофторозу, необходимо наличие достаточно широкого генофонда картофеля по комплексу признаков. Кроме того, для эффективного их использования нужна своя адаптированная оценка.

Оценку осуществляли в поле на естественном инфекционном фоне. Всего было изучено 125 образцов, полученных на основе диких *S. bulbocastanum*, *S. acaule*, *S. demissum*, *S. vernei*, *S. vallis-mexici*, *S. simplicifolium*, *S. gourlayi* и культурных видов *S. rybinii*, *S. phureja*, *S. andigenum*.

В результате изучения коллекционных образцов выделено 55 гибридов с высокой устойчивостью к фитофторозу в сочетании с другими хозяйственно ценными признаками. Наиболее ценные источники устойчивости к оомицету *Phytophthora infestans* (Mont.) de Bary для создания исходного материала картофеля, устойчивого к фитофторозу в сочетании с другими хозяйственно ценными признаками, представлены в таблице 1.

Выделившиеся формы получены на основе сложных межвидовых гибридов, имеющих в своем генотипе гены видов: *S. demissum*, *S. bulbocastanum*, *S. phureja*, *S. andigenum*, *S. acaule*, *S. gourlayi*, *S. vernei*, *S. stoloniferum*, *S. polytrichon*. Образцы обладают относительно высокой устойчивостью к фитофторозу листьев (7,0 балла) и от средней до высокой устойчивостью к фитофторозу клубней (6,2–8,6 балла), продуктивностью 830–1400 г/куст и содержанием крахмала 15,2–21,7 %.

Для гибридизации использовали формы с высокой устойчивостью к фитофторозу ботвы и клубней и с хорошими хозяйственными показателями, отобранные в коллекционном питомнике, культурный вид *S. andigenum*, а также межвидовые гибриды, полученные с использованием видов *S. bulbocastanum*, *S. demissum*, *S. stoloniferum*, *S. polytrichon*, *S. verrucosum*, *S. berthaultii*, *S. vernei*, *S. microdontum* и культурных видов *S. andigenum* и *S. phureja*.

Для выполнения гибридизации были поставлены следующие задачи:

1. Вовлечение диких видов и полученных на их основе многовидовых гибридов в селекционный процесс.

РАЗДЕЛ 2. ГЕНЕТИКА КАРТОФЕЛЯ

Таблица 1 – Характеристика гибридов картофеля, рекомендуемых в качестве источников устойчивости к фитофторозу и другим хозяйственно ценным признакам, 2014–2016 гг.

Селекционный номер, сорт	Дикий (культурный) вид, на основе которого получен гибрид	Устойчивость к фитофторозу, балл		Продуктивность, г/куст	Содержание крахмала, %	Вкус, балл
		Листья	Клубни			
107-05-33	<i>dms, adg</i>	7,0	6,6	1010	19,0	7–9
262-05-7	<i>blb, dms, adg</i>	7,0	6,2	1100	21,7	7
56-06-4	<i>blb, dms, adg</i>	7,0	7,4	1330	16,4	7
229-07-9	<i>sto, plt, vrn, adg, ryb</i>	7,0	8,3	1390	17,0	7
81-07-20	<i>dms, adg, blb, acl, phu, ryb, grl</i>	7,0	7,7	980	21,7	7
146-07-10	<i>dms, adg, blb, acl, phu, ryb, grl</i>	7,0	8,5	1400	15,2	7
118-07-6	<i>dms, adg, blb, acl, phu, ryb, grl</i>	7,0	8,1	1140	16,4	7
303-06-24	<i>dms, blb, adg</i>	7,0	7,4	830	18,0	5–7
144-05-9	<i>dms, adg, blb, acl, phu, ryb, grl</i>	7,0	8,6	1340	14,8	5
18-06-2	<i>dms, adg</i>	5,0	7,2	1210	15,2	7
Здабытак (стандарт)		5,0	7,4	780	21,7	7–9

Примечание. *Dms* – *S. demissum*, *blb* – *S. bulbocastanum*, *phu* – *S. phureja*, *adg* – *S. andigenum*, *acl* – *S. acaule*, *grl* – *S. gourlayi*, *vrn* – *S. vernei*, *sto* – *S. stoloniferum*, *plt* – *S. polytrichon*, *ryb* – *S. rybinii*.

2. Проведение скрещиваний с целью устранения негативных свойств у сложных межвидовых гибридов (позднеспелость, длинные столоны, мелкие клубни, плохие кулинарные качества и др.).

3. Получение источников и доноров с комплексной устойчивостью к фитофторозу (листья и клубни) в сочетании с другими хозяйственно ценными признаками.

Всего выполнены 653 комбинации скрещиваний, получены ягоды у 140 комбинаций. В условиях защищенного грунта посеяно 109 100 семян от 275 комбинаций скрещиваний. Для отбора образцов с высокой устойчивостью к фитофторозу на ранних этапах селекционного процесса 17 766 сеянцев (51 комбинация) в фазу 3–4 настоящих листа были заражены инфекцией фитофтороза с нагрузкой 10–15 конидий в поле зрения светового микроскопа при увеличении $\times 120$. Смесь сложных рас *Phytophthora infestans* была представлена отделом иммунитета и защиты картофеля. По результатам искусственного заражения отобрали 3967 сеянцев (22,3 %) с относительно высокой и высокой устойчивостью к фитофторозу листьев. После браковки растений, пораженных фитофторозом, оставшиеся сеянцы с устойчивостью в 7–9 баллов выращивали в горшечной культуре в полевых условиях. При уборке отбирали по одному клубню от каждого растения. Всего в питомнике сеянцев первого года для дальнейшей работы отобрано 13 897 гибридов.

В питомнике первого клубневого поколения изучено 11 173 гибрида. По результатам визуальной оценки были выбракованы образцы с признаками вирусных заболеваний, пораженные альтернариозом, слаборазвитые растения. Для дальнейшего изучения отобрано 2437 гибридов.

В питомнике гибридов второго года испытывали 2490 гибридов. Образцы высаживали однорядковыми деланками по пять клубней. По результатам визуальной оценки у 588 гибридов отмечена высокая и относительно высокая устойчивость к фитофторозу (7–8 баллов). По устойчивости клубней к фитофторозу изучены 647 гибридов. В результате оценки выделено 300 образцов (46,4 %) с устойчивостью в 7–9 баллов.

По комплексу хозяйственно ценных признаков в данном питомнике для дальнейшей работы отобрано 824 гибрида.

В питомнике гибридов третьего года испытывали 744 образца. В результате визуальной оценки образцов по устойчивости к фитофторозу листьев на естественном инфекционном фоне у 288 (38,7 %) отмечена устойчивость в 7–8 баллов на последнюю декаду августа. В лабораторных условиях проведено изучение гибридов по устойчивости клубней к фитофторозу. Всего изучено 268 образцов. Устойчивость на уровне 7–9 баллов отмечена у 152 гибридов. Распределение гибридов питомника третьего года испытания по признаку устойчивости клубней к фитофторозу показано на рисунке 1.

Для дальнейшего изучения оставлено 307 гибридов.

В питомнике предварительного испытания первого и второго года изучали 372 гибрида. По результатам визуальной оценки на устойчивость к фитофторозу листьев на естественном инфекционном фоне выделено 156 гибридов с устойчивостью к фитофторозу 7–8 баллов. По устойчивости к фитофторозу клубней в лабораторных условиях изучено 198 образцов. Из них 110 обладали устойчивостью к патогену на уровне 7–9 баллов. Распределение гибридов питомников предварительного испытания по признаку устойчивости клубней к фитофторозу показано на рисунке 2.

Наряду с устойчивостью к фитофторозу гибриды изучались по продуктивности, содержанию крахмала, устойчивости к черной ножке клубней и пригодности к промышленной переработке после пяти месяцев хранения. По результатам испытаний выделено 49 образцов с продуктивностью выше 1000 г/куст; с содержанием крахмала выше 18 % – 32 гибрида; с устойчивостью к возбудителям черной ножки клубней – 26; по пригодности к промышленной переработке после пяти месяцев хранения отобрано 26 образцов.

В результате проведенной работы по созданию фитофтороустойчивого исходного материала картофеля в период 2012–2016 гг. выделено шесть перспективных гибридов с высокой устойчивостью к фитофторозу и по другим хозяйственно ценным признакам, рекомендованных в качестве исходных форм по устойчивости к фитофторозу (табл. 2).

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

1. При изучении образцов коллекционного питомника в зависимости от года исследований выделено 55 межвидовых гибридов картофеля, 10 из них (107-05-33, 262-05-7, 56-06-4, 229-07-9, 81-07-20, 146-07-10, 118-07-6, 303-06-24, 144-05-9 и 18-06-2) являются наиболее ценными источниками устойчивости к *Phytophthora infestans* (Mont.) de Bary.

2. В результате искусственного заражения сеянцев на раннем этапе онтогенеза из 17 766 сеянцев отобрано 3 967 образцов (22,3 %) с относительно высокой и высокой устойчивостью к фитофторозу.

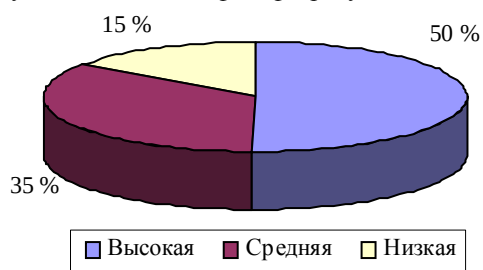


Рисунок 1 – Распределение гибридов картофеля питомника третьего года по устойчивости клубней к фитофторозу, % (2014–2016 гг.)

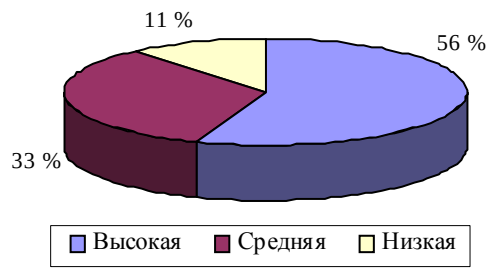


Рисунок 2 – Распределение гибридов картофеля питомников предварительного испытания по устойчивости клубней к фитофторозу, % (2014–2016 гг.)

РАЗДЕЛ 2. ГЕНЕТИКА КАРТОФЕЛЯ

Таблица 2 – Характеристика гибридов картофеля, рекомендованных в качестве исходных форм по устойчивости к фитофторозу и другим хозяйственно ценным признакам, 2014–2016 гг.

Селекционный номер, сорт	Дикий (культурный) вид, на основе которого получен гибрид	Группа спелости	Устойчивость к фитофторозу, балл		Продуктивность, г/куст	Содержание крахмала, %	Вкус, балл
			Листья	Клубни			
209-08-7	<i>blb, dms, acl, phu</i>	Поздний	7,0	8,4	1260	24,1	7–9
136-08-1	<i>blb, dms, adg</i>	Поздний	7,0	7,5	840	18,7	5–7
69-09-20	<i>sto, plt, vrn</i>	Средне-поздний	7,0	9,0	1250	19,3	7–9
71-09-26	<i>plt, sto, vrn</i>	Поздний	7,0	8,5	910	17,6	5–7
53-10-21	<i>blb, dms, acl, phu</i>	Поздний	7,0	8,0	1240	20,1	5–7
71-10-10	<i>blb, dms, adg</i>	Поздний	7,0	8,7	920	21,9	7–9
Рагнеда (стандарт)		Средне-поздний	3,0	4,6	445	14,2	7–9
Здабытак (стандарт)		Поздний	5,0	8,2	470	19,7	7–9

Примечание. *Dms* – *S. demissum*, *blb* – *S. bulbocastanum*, *phu* – *S. phureja*, *adg* – *S. andigenum*, *acl* – *S. acaule*, *sto* – *S. stoloniferum*, *plt* – *S. polytrichon*, *vrn* – *S. vernei*.

3. В питомнике первого клубневого поколения изучено 11 173 гибрида. По комплексу признаков для дальнейшего изучения отобрано 2437 гибридов.

4. В питомнике гибридов второго года испытывали 2490 образцов. По комплексу хозяйственно ценных признаков в данном питомнике для дальнейшей работы отобрано 824 гибрида.

5. В питомнике гибридов третьего года испытывали 744 гибрида. Из них для дальнейшей работы оставлено 307 гибридов с комплексом хозяйственно ценных признаков.

6. В качестве исходных форм для селекции на фитофтороустойчивость рекомендуются гибриды 209-08-7, 136-08-1, 69-09-20, 71-09-26, 53-10-21 и 71-10-10, обладающие относительно высокой устойчивостью листьев к фитофторозу, относительно высокой, высокой и очень высокой устойчивостью клубней к патогену, в сочетании с другими хозяйственно ценными признаками. Данные гибриды получены на основе сложных межвидовых гибридов, имеющих в своем генотипе гены видов *S. demissum*, *S. bulbocastanum*, *S. stoloniferum*, *S. polytrichon*, *S. vernei* и культурных видов *S. andigenum* и *S. phureja*.

Список литературы

1. Иванюк, В. Г. Защита картофеля от болезней, вредителей и сорняков / В. Г. Иванюк, С. А. Банадысев, Г. К. Журомский. – Минск, 2005. – 695 с.
2. Иванюк, В. Г. Новое в биологии возбудителя фитофтороза картофеля / В. Г. Иванюк, О. В. Авдей // НТИ и рынок. – 1997. – № 6. – С. 13–14.
3. Иванюк, В. Г. Особенности появления фитофтороза на картофеле в условиях Беларуси / В. Г. Иванюк // Защита растений – проблемы и перспективы: сб. науч. тр. / ГГАУ. – Гродно, 2002. – С. 37–39.
4. Подгаецкий, А. А. Использование генофонда картофеля в селекции на фитофтороустойчивость: метод. рекомендации / А. А. Подгаецкий. – Киев, 1991. – 48 с.
5. Подгаецкий, А. А. Генетические ресурсы картофеля / А. А. Подгаецкий // Материалы Междунар. науч. конф., посвящ. 75-летию Ин-та картофелеводства Нац. акад. наук Беларуси, Самохваловичи, 7–10 июля 2003 г. / НАН Беларуси, Ин-т картофелеводства НАН Беларуси. – Минск, 2003. – С. 108–190.

6. Будин, К. З. Значение диплоидных видов картофеля и пути использования их в селекции / К. З. Будин, Н. Ф. Бывако, Л. М. Турулева // Науч. техн. бюллетень ВИР. – Л., 1984. – Вып. 145. – С. 175–182.
7. Колобаев, В. А. Создание гибридных образцов картофеля с высокой горизонтальной устойчивостью к фитофторозу на основе использования в скрещиваниях различных видов рода *Solanum* / В. А. Колобаев // Материалы Междунар. науч. конф., посвящ. 75-летию Ин-та картофелеводства Нац. акад. наук Беларуси, Самохваловичи, 7–10 июля 2003 г. / НАН Беларуси, Ин-т картофелеводства НАН Беларуси. – Минск, 2003. – С. 207–215.
8. Вовлечение в практическую селекцию межвидового гибридного материала картофеля, созданного на основе редко используемых диких видов картофеля / В. А. Козлов [и др.] // Картофелеводство: сб. науч. тр. / РУП «Науч.-практ. центр НАН Беларуси по картофелеводству и плодоовощеводству». – Минск, 2013. – Т. 21. – С. 93–103.
9. Чашинский, А. В. Результаты работы по созданию нового исходного материала картофеля, устойчивого к фитофторозу / А. В. Чашинский // Картофелеводство: сб. науч. тр. / РУП «Науч.-практ. центр НАН Беларуси по картофелеводству и плодоовощеводству». – Минск, 2011. – Т. 19. – С. 164–174.
10. Выделение источников устойчивости к фитофторозу и черной ножке среди межвидовых диплоидных гибридов картофеля / А. В. Чашинский [и др.] // Картофелеводство: сб. науч. тр. / РУП «Науч.-практ. центр НАН Беларуси по картофелеводству и плодоовощеводству». – Минск, 2011. – Т. 19. – С. 175–183.
11. Родионова, З. П. Гибридизация картофеля на срезанных стеблях / З. П. Родионова // С.-х. информация. – Киев, 1971. – № 2. – С. 35–36.
12. Патрикеева, М. В. Методические указания по фитопатологическим работам при селекции картофеля на устойчивость к фитофторозу / М. В. Патрикеева. – Л.: ВИЗР, 1990. – 42 с.
13. Методы оценки картофеля, овощных и плодовых культур на устойчивость к болезням: метод. рекомендации / БелНИИ картофелеводства и плодоовощеводства; сост.: В. Г. Иванюк [и др.]; под ред. Н. А. Дорожкина. – Минск, 1987. – 95 с.
14. Международный классификатор СЭВ. – Л., 1984. – С. 43.
15. Методические указания по оценке и поддержанию мировой коллекции картофеля / Всесоюз. ин-т растениеводства; сост.: С. М. Букасов [и др.]. – Л., 1976. – 30 с.
16. Методика исследований по культуре картофеля / Отделение растениеводства и селекции Всесоюз. акад. с.-х. наук им. В. И. Ленина, НИИ картофельного хозяйства; редкол.: Н. А. Андрияшина [и др.]. – М., 1967. – 225 с.

Поступила в редакцию 23.08.2018 г.

A. V. CHASHINSKIY

NEW INITIAL POTATOES GENOTYPES RESISTANT TO LATE BLIGHT

SUMMARY

*The results of potatoes breeding for resistance to late blight over the period 2012–2016 are given in the article. Six hybrids with complex late blight resistance and improved agronomic traits were created based on species *S. demissum*, *S. bulbocastanum*, *S. microdontum*, *S. simplicifolium*, *S. acaule*, *S. andigenum* and *S. phureja*.*

Key words: breeding, potatoes, late blight, black stem, productivity, initial material.