



ISSN 1727-1320 (Print),
ISSN 2308-6459 (Online)

В Е С Т Н И К ЗАЩИТЫ РАСТЕНИЙ

PLANT PROTECTION NEWS

2020 ТОМ **103** ВЫПУСК **2**
VOLUME ISSUE



УСТОЙЧИВОСТЬ ДИКИХ ВИДОВ И ГИБРИДОВ КАРТОФЕЛЯ К АЛЬТЕРНАРИОЗУ И ФИТОФТОРОЗУ

Н.М. Зотеева¹, В.В. Васипов¹, А.С. Орина^{2*}

¹Всероссийский институт генетических ресурсов растений им. Н.И. Вавилова, Санкт-Петербург

²Всероссийский научно-исследовательский институт защиты растений, Санкт-Петербург

* ответственный за переписку, e-mail: orina-alex@yandex.ru

Альтернариоз и фитофтороз относятся к наиболее вредоносным заболеваниям листового аппарата картофеля и вызывают значительные экономические потери во многих регионах выращивания этой культуры. Поиск доноров устойчивости к этим болезням представляет собой приоритетное направление селекции картофеля. В настоящей работе изучен 21 образец диких видов *Solanum* и межвидовых гибридов с различными родословными. Оценку реакции растений на заражение фитопатогенами *Alternaria solani* и *Phytophthora infestans* проводили в лабораторных условиях при инокуляции листовых дисков и долей листьев, соответственно. Все исследованные образцы картофеля продемонстрировали симптомы альтернариоза и фитофтороза после инокуляции, однако значительно различались по чувствительности к патогенам. Инокуляция грибом *A. solani* приводила к развитию некрозов, в среднем занимающих от 1.2% до 11.5% площади листового диска образцов картофеля. После инокуляции оомицетом *P. infestans* интенсивность развития симптомов поражения на листовых долях всех анализированных образцов картофеля варьировала от 3 до 9 баллов по 9-балльной шкале. Выявлены 6 фенотипов картофеля, представленных одним видовым образцом и 5 межвидовыми гибридами, сочетающих устойчивость к альтернариозу и фитофторозу.

Ключевые слова: *Alternaria solani*, *Phytophthora infestans*, *Solanum* spp., искусственная инокуляция, межвидовой гибрид

Поступила в редакцию: 16.03.2020

Принята к печати: 14.05.2020

Введение

Картофель *Solanum tuberosum* L. выращивается во всем мире в регионах с континентальным, умеренным, субтропическим и тропическим климатом, будучи одной из основных культур, четвертой по важности после риса, пшеницы и кукурузы (Zeng et al., 2014). К основным экономически значимым болезням культивируемого картофеля, поражающим листовую аппарат растений, относятся альтернариоз и фитофтороз (Thomma, 2003; Fry, 2008). Представители рода *Alternaria* Nees встречаются повсеместно в зоне выращивания пасленовых культур, при этом с картофелем ассоциированы виды *Alternaria alternata* (Fr.) Keissl., *Alternaria arborescens* E.G. Simmons, *Alternaria grandis* E.G. Simmons, *Alternaria protenta* E.G. Simmons, *Alternaria solani* Sorauer и *Alternaria tenuissima* (Kunze) Wiltshire (Rodrigues et al. 2010; Zeng et al., 2014; Tymon et al., 2016; Ayad et al. 2019). Вид *A. solani* является

наиболее экономически важным возбудителем альтернариоза, поскольку из-за сильной дефолиации во время эпифитотий, вызванных этим грибом, происходит значительное снижение урожая картофеля (Shtienberg et al. 1990; Leiminger, Hausladen, 2012). В среднем, потери картофеля от альтернариоза составляют около 20%, однако при отсутствии химических обработок или в сочетании с другими болезнями могут достигать 70–80% (Jansky et al., 2008).

Наиболее распространенный способ контроля заболевания – применение фунгицидов (Abuley, Nielsen, 2017). Однако, грибы *Alternaria* способны вырабатывать резистентность к действующим веществам препаратов из различных классов, что снижает эффективность химической защиты (Pasche et al., 2005; Mallik et al., 2014; Yang et al., 2019). Устойчивость растения к патогену выступает

действенным компонентом системы мер, направленных на снижение потерь урожая (Jansky et al. 2008; Weiya et al., 2019).

Фитофтороз картофеля, вызываемый *Phytophthora infestans* (Mont.) de Bary, приводит к огромным финансовым потерям. Высокая вредоносность патогена объясняется половым процессом размножения и наличием двух типов спаривания, при которых происходит рекомбинация генов вирулентности и постоянно образуются новые, высоко агрессивные расы (Cohen, 2002; Fry, 2008). При эпифитотийном развитии заболевания требуется частое применение фунгицидов, иногда более чем раз в неделю. При этом в популяциях *P. infestans* вырабатывается резистентность ко многим действующим веществам (Randall

et al., 2014; Matson et al., 2015). Для создания устойчивых к фитофторозу сортов картофеля во всем мире широко используется метод межвидовой гибридизации, заключающийся в интрогрессии генов устойчивости от видов рода *Solanum* L. при создании пред-бридингового материала для селекции (Chen et al., 2017; Bethke et al., 2017; Зотеева и др., 2017). Дикие виды картофеля зарекомендовали себя как ценные доноры устойчивости к болезням (Bradshaw, Ramsay, 2005; Зотеева и др., 2017).

Цель исследования состояла в выявлении генотипов, устойчивых к альтернариозу и фитофторозу, среди образцов и межвидовых гибридов картофеля от скрещиваний с разными видами рода *Solanum*.

Материал и методы

Объектами исследования служили сеянцы 21 образца, среди которых 5 относятся к диким видам картофеля: *Solanum guerreroense* Corr. (grr), *Solanum kurtzianum* Bitt. & Wittm. (ktz), *Solanum neoantipoviczii* Buk. (nan), *Solanum parodii* Juz. & Buk. (par), *Solanum spegazinii* Bitt. (spg) и гибридам различного происхождения, полученным в скрещиваниях с grr, nan, *Solanum microdontum* Bitt. (mcd), *Solanum tarijense* Hawk. (tar), *Solanum tuberosum* L. (tub), *Solanum tuberosum* Group Andigena (adg) Juz. & Buk., *Solanum tuberosum* Group Phureja (phu) Juz. & Buk. и R5 (*Solanum demissum* Lindl. × *S. tuberosum*) из коллекции ВИР. Расщепляющиеся популяции девяти взятых в изучение исходных образцов охарактеризованы ранее в полевых и/или лабораторных опытах (Зотеева и др., 2017; Зотеева, 2019; Zoteyeva, 2000; Zoteyeva et al., 2012).

Сеянцы картофеля выращивали в горшках объемом 1.2 л, наполненных садовой почвой, при освещении натриевыми зеркальными лампами (46000 лк) и температурном режиме 23 °С (день) и 17 °С (ночь). Полив растений проводили дозированно. Для оценки устойчивости собирали листья с растений в период их цветения (через 2.5 месяца после посева).

Оценку устойчивости всех образцов картофеля к возбудителю альтернариоза проводили в лабораторных условиях заражением листовых дисков образцов растений суспензией смеси конидий трех штаммов *A. solani*. Из коллекции фитопатогенных микроорганизмов лаборатории микологии и фитопатологии ВИЗР были выбраны штаммы *A. solani* различного происхождения: MFP 046011 (*S. tuberosum*, Приморский край, 2006), MFP 628031 (*S. kurtzianum* на *Solanum megistacrolobum* Bitt., Адыгея, 2008), MFP 747151 (*S. tuberosum*, Камчатский край, 2011). Патогенные свойства и видовая принадлежность выбранных штаммов грибов были изучены ранее (Орина и др., 2014; Gannibal et al., 2014). Для получения инокулюма штаммы *A. solani* выращивали в чашках Петри на среде V4 в течение 7 сут по методике, разработанной ранее для грибов *Bipolaris* Shoemaker (Михайлова и др., 2002). Инокулюм получали смывом конидий непосредственно с колоний в стеклянных чашках Петри, добавляя 5 мл

стерильной водой с tween-60 (0.01%). Определение концентрации производили подсчетом числа конидий в камере Горяева, после чего разбавляли суспензию до концентрации 5×10^3 конидий/мл стерильной водой.

Пробочным сверлом из листьев вырезали диски диаметром 10 мм. Диски помещали в герметичные пластиковые контейнеры, стерилизованные спиртом, на увлажненную фильтровальную бумагу. В центр диска наносили каплю 10 мкл суспензии конидий, в контроле на диск наносили 10 мкл стерильной воды. Влажную камеру инкубировали в термостате MLR-352H-PE (Panasonic, Япония) в режиме: 16 ч освещения люминисцентными лампами при 24 °С и 8 ч. темноты при 18 °С. Проводили заражение 15 листовых дисков каждого образца. Учет заражения проводили визуально, оценивая процент площади некроза листового диска на 3 сут. Устойчивыми считали образцы с площадью поражения листового диска 4% и ниже.

Оценку устойчивости образцов картофеля к возбудителю фитофтороза проводили, используя метод заражения отделенных долей листьев среднего яруса растений (Zarzycka, 2001). Для инокуляции использовали штамм *P. infestans*, в котором предварительно с помощью набора растений-дифференциаторов (Black et al., 1953) были идентифицированы 9 генов вирулентности (1.2.3.4.6.7.9.10.11). Выбранный штамм *P. infestans* размножали на листьях восприимчивого сорта Дориза. Инокулюм получали путем смыва с поверхности пораженных листьев стерильной водой с последующей фильтрацией и разбавляли до концентрации 5×10^4 зооспор/мл. Заражение шести долей листьев среднего яруса каждого образца проводили нанесением капли инокулюма на среднюю часть листовой пластинки рядом с центральной жилкой. Степень поражения оценивали на 7-е сутки после заражения по 9-балльной шкале, где балл 9 обозначает полное отсутствие симптомов болезни, а балл 1 – полностью пораженную поверхность доли листа. Устойчивыми считали растения, где поражение листьев оценивали баллами: от 9 до 6. Балл 5 соответствует умеренной устойчивости, баллы от 4-х и ниже означают чувствительность тестируемых растений.

Результаты

Через 4 суток после инокуляции грибом *A. solani* на листовых дисках всех образцов картофеля, включенных в исследование, развивались некрозы, занимающие от 1.2% до 11.5% площади листового диска (табл.).

Наиболее устойчивыми к альтернариозу при искусственной инокуляции оказались сеянцы шести образцов: *S. spegazinii* к-ВИР 11974, гибриды *S. guerreroense* × R5 и *S. guerreroense* × Superb-1, *S. microdontum* × *S. tarijense*,

Таблица. Устойчивость образцов диких видов и межвидовых гибридов картофеля к возбудителям альтернариоза и фитофтороза при искусственной инокуляции

№	Вид, видовой состав гибрида	Площадь некроза, вызываемого <i>Alternaria solani</i> , % ± ДИ	Характеристика устойчивости к альтернариозу	Балл поражения, вызываемого <i>Phytophthora infestans</i>	Характеристика устойчивости к фитофторозу
1	ktz* к-ВИР 12488	6.2 ± 0.6	MR**	4	S
2	par к-ВИР 8280	4.4 ± 0.2	MR	3	S
3	spg к-ВИР 11974	1.2 ± 0.2	R	6	R
4	nan	6.0 ± 0.7	MR	8	R
5	nan, phu	11.0 ± 1.2	S	8	R
6	nan, mcd, tar, adg	9.4 ± 0.8	S	7	R
7	nan, сорт Desirée	4.8 ± 0.5	MR	7	R
8	nan, сорт Аврора, tub	3.8 ± 0.4	R	7	R
9	nan, mcd, tar, adg, сорт Desirée	4.9 ± 0.3	MR	7	R
10	nan, mcd, tar, adg, tub, сорт Omega	6.6 ± 0.7	MR	8	R
11	grr	5.0 ± 0.2	MR	9	R
12	grr, R5 (= dms, tub)	3.4 ± 0.2	R	9	R
13	grr, сорт Superb-1	4.0 ± 0.6	R	8	R
14	grr, сорт Superb-2	7.8 ± 0.8	MR	8	R
15	grr, сорт Superb, nan, mcd, tar, adg, tub	2.0 ± 0.4	R	7	R
16	grr, adg, phu	6.8 ± 0.9	MR	6	R
17	grr, сорт Superb, nan, mcd, tar, adg, 2 tub	6.0 ± 0.4	MR	7	R
18	mcd, tar	3.1 ± 0.3	R	6	R
19	phu, mcd, tar	7.9 ± 0.8	MR	5	MR
20	mcd, tar, сорт Аврора	11.5 ± 1.1	S	5	MR
21	mcd, tar, сорт Vanessa	4.2 ± 0.3	MR	7	R

Примечания: * – аббревиатура видов картофеля: adg = *Solanum tuberosum* Group Andigena, dms = *Solanum demissum*, grr = *Solanum guerreroense*, ktz = *Solanum kurtzianum*, mcd = *Solanum microdontum*, nan = *Solanum neoantipoviczii*, par = *Solanum parodii*, phu = *Solanum tuberosum* Group Phureja; spg = *Solanum spegazinii*, tar = *Solanum tarijense*; tub = *Solanum tuberosum*; ** – R = устойчивый, MR = умеренно устойчивый, S = чувствительный.

гибрид nan с двумя образцами *S. tuberosum* (№ 8) и сложный гибрид № 15, несущий гены шести представителей рода *Solanum* L.. Площадь поражения листовых дисков этих образцов в среднем не превышала 4%. Наиболее чувствительными к инфекции оказались 3 гибрида: *S. neoantipoviczii* × *S. phureja*, а также сложные гибриды № 6 и № 20. Площадь поражения листовых дисков этих образцов в среднем превышала 9%. Остальные образцы показали промежуточные результаты.

После инокуляции оомицетом *P. infestans* на листовых долях всех образцов картофеля, включенных в

исследование, развивались симптомы поражения, интенсивность которых варьировала от 3 до 9 баллов (табл. 1). Устойчивость к патогену выявлена у 17 фенотипов с баллами оценки поражения выше 6. Растения двух образцов *S. kurtzianum* к-ВИР 12488 и *S. parodii* к-ВИР 8280 оказались восприимчивыми к *P. infestans*, балл поражения при их инокуляции составил 4 и 3, соответственно. Растения гибридов (№ 19 и № 20), полученных от скрещиваний mcd × tar с *S. phureja* (phu) и с сортом Аврора, характеризовались как умеренно устойчивые.

Обсуждение

Современные требования к новым сортам сельскохозяйственных культур предполагают их устойчивость к более, чем одному патогену. Для поиска образцов, несущих групповую устойчивость к альтернариозу и фитофторозу, нами выбраны оригинальные межвидовые гибриды рода *Solanum*. Многие виды картофеля широко используются при создании гибридов с устойчивостью к болезням (Culley et al., 2002, Song et al., 2003, Jakuczun, Wasilewicz-Flis, 2004; Jansky, 2006, Odilbekov et al., 2014, Meier et al., 2015). Результаты отбора потенциальных доноров устойчивости существенно зависят от эффективности применяемого метода скрининга и от патогенных свойств инфекционного материала. Наиболее надежным методом является лабораторная оценка устойчивости, обеспечивающая равномерное нанесение инокулята на листья растений. Недавно проведенными исследованиями

показано, что степень поражения, вызванная действием грибов *Alternaria* на растения диких видов *Solanum*, варьирует в зависимости от вида и штамма патогена (Wolters et al., 2019). Авторы наблюдали большие различия по степени поражения *S. microdontum* subsp. *gigantophyllum* (Bitter) Hawkes & Hjert. двумя разными изолятами *A. solani*. Среди представителей четырех проанализированных видов *Alternaria* штамм *A. protenta* вызывал наименьшую степень поражения картофеля, тогда как инокуляция штаммом *A. grandis* приводила к наибольшему развитию симптомов. В тестах заражения листьев образцов картофеля с использованием изолятов *P. infestans*, различающихся по признаку наличия гена вирулентности v.2, степень устойчивости одних и тех же семян существенно различалась (Zoteyeva, 2000).

Генетические источники частичной устойчивости к альтернариозу, которые можно использовать в селекционных программах, были выявлены среди диких видов картофеля *Solanum immite* Dunal, *Solanum polyadenium* Greenm. (Wolters et al., 2019) и *Solanum raphanifolium* Cardenas & Hawkes (Weber, Jansky, 2012). В проведенном нами многолетнем исследовании виды *S. immite* и *S. polyadenium* также проявляли высокую устойчивость к фитофторозу в полевых условиях (Зотеева, 2019). Очевидно, эти дикие виды картофеля перспективны для использования в селекции на групповую устойчивость к двум заболеваниям.

Известно, что устойчивость картофеля к альтернариозу связана со сроками созревания сорта, причем позднеспелые сорта имеют тенденцию к проявлению более высокого уровня устойчивости по сравнению с раннеспелыми (Douglas et al., 1972; Mendoza et al., 1986; Herriott et al., 1990; Pelletier, Fry 1990; Zhang, 2004; Dita-Rodríguez et al., 2006; Duarte et al., 2014). Известно, что сорта картофеля с продолжительным периодом вегетации устойчивее к возбудителю фитофтороза, чем созревающие в более ранние сроки (Visker, 2005).

Сравнение устойчивости к альтернариозу ранних и поздних сортов затруднительно, поскольку это заболевание чаще всего проявляется во время старения тканей хозяина, и некоторые сорта могут казаться резистентными из-за позднего созревания (Herriott et al., 1990). Исследование генетики картофеля с частичной устойчивостью к альтернариозу выявило близкое расположение локусов количественных признаков устойчивости к альтернариозу и зрелости листьев (Zhang, 2004), однако автор посчитал полученный результат недостаточным для утверждения плейотропного эффекта или тесного сцепления генов, детерминирующих эти признаки, поскольку некоторые клоны картофеля как раннего, так и среднего созревания показывали высокий уровень устойчивости к альтернариозу.

Среди различных направлений селекции картофеля устойчивость к фитофторозу особенно актуальна, поскольку вредоносность патогена не снижается из года в

год. Патоген поражает листья, стебли и клубни, причем уровни устойчивости разных органов растения-хозяина не всегда коррелируют между собой (Stewart et al., 1994; Gao, Bradeen, 2016). Например, растения аргентинского вида *S. spgazzinii* в своей массе чувствительны к *P. infestans* (Зотеева, 2019), однако, некоторые образцы этого вида характеризуются устойчивостью клубней (Zoteyeva, 2006). В данном изучении сеянцы из расщепляющейся популяции образца ВИР к-11974 проявил устойчивость к *P. infestans* и слабо поражен *A. solani*. Образец *S. parodii* к-ВИР 8280, в популяциях которого встречаются растения с устойчивостью клубней к *P. infestans* (Zoteyeva et al., 2012), охарактеризован как умеренно устойчивый к *A. solani*. Среди исследованного материала высокой устойчивостью к фитофторозу отличаются растения *S. guerreroense* (Zoteyeva et al., 2012). Этот дикий вид картофеля – близкий родственник *S. demissum*, который также характеризуется высокой устойчивостью к фитофторозу. Данные многолетних полевых наблюдений указывают на чувствительность большей части образцов *S. demissum* к альтернариозу (Зотеева, неопубликованные данные). В данном изучении у сеянца (№ 12) из расщепляющейся популяции гибрида с участием обоих этих видов выявлена устойчивость к обоим патогенам. Слабая степень поражения грибом *A. solani* листовых дисков была выявлена у одного из двух сеянцев гибрида *S. guerreroense* × Superb, также незначительно поражен сложный многовидовой гибрид *S. guerreroense* № 15. При этом, слабые симптомы альтернариоза имели не все гибридные потомства *S. guerreroense*, в том числе гибрид № 16, для получения которого в скрещивании был использован образец *S. phureja*, проявляющий чувствительность к *A. solani* в полевых условиях (Зотеева, неопубликованные данные). Также относительно большую площадь некроза, вызываемого *A. solani*, наблюдали на дисках листьев фитофтороустойчивого гибрида pan × *S. phureja*, в то время как гибрид №8, полученный от скрещивания pan с двумя генотипами *Solanum tuberosum*, проявлял устойчивость к альтернариозу.

Заключение

Результаты исследования показали высокую вариативность образцов диких видов картофеля различного происхождения по реакции на заражение грибом *A. solani*. Повышенная устойчивость к альтернариозу найдена у отдельных фенотипов южноамериканских видов *S. spgazzinii* и *S. parodii*. При этом сеянец *S. spgazzinii* был

также устойчив к фитофторозу. У потомств разных комбинаций скрещиваний с исследованными по устойчивости к *A. solani* образцами ggr, mcd × tar и pan, уровень устойчивости к патогену значительно различался. При этом среди исследованного растительного материала выявлены фенотипы, сочетающие устойчивость к обоим патогенам.

Благодарности

Изолят *P. infestans* был любезно предоставлен с.н.с. А.В. Хютти (лаборатория иммунитета растений к болезням ФГБНУ ВИЗР).

Предоставление и поддержание растительного материала для исследований, оценка устойчивости к фитофторозу и написание манускрипта выполнена в рамках государственного задания согласно тематическому плану ВИР по теме №0662-2019-0004_2019 «Скрининг генофонда основных сельскохозяйственных культур по устойчивости к болезням и вредителям с использованием современных лабораторных методов, изучение эффективности источников устойчивости к вредным организмам», номер государственной регистрации ЕГИСУ НИОКР АААА–А16–116040710361–8)

Оценка устойчивости образцов картофеля к альтернариозу выполнена по теме государственного задания № 0665-2019-0015.

Библиографический список (References)

- Зотеева НМ (2019) Устойчивость диких видов картофеля к фитофторозу в полевых условиях северо-запада РФ. *Труды по прикладной ботанике, генетике и селекции* 180(4):159–169. <https://doi.org/10.30901/2227-8834-2019-4-159-169>
- Зотеева НМ, Антонова ОЮ, Клименко НС, Апаликова ОВ и др (2017) Использование молекулярных маркеров R генов и типов цитоплазмы при интрогрессивной гибридизации диких полиплоидных мексиканских видов картофеля. *Сельскохозяйственная биология* 52:964–975. <https://doi.org/10.15389/agrobiology.2017.5.964rus>
- Михайлова ЛА, Гоголева СГ, Гультьева ЕИ (2002) Взаимодействие штаммов *Bipolaris sorokiniana* и образцов пшеницы. *Микология и фитопатология* 36(2):63–66
- Орина АС, Ганибал ФБ, Мироненко НВ, Левитин ММ. (2014) Сравнительный анализ молекулярно-генетических и физиологических признаков *Alternaria solani* и *A. tomatophila*. *Микология и фитопатология* 48(1):51–60
- Abuley IK, Nielsen BJ (2017) Evaluation of models to control potato early blight (*Alternaria solani*) in Denmark. *Crop Prot* 102:118–128. <https://doi.org/10.1016/j.cpropro.2017.08.012>
- Ayad D, Aribi D, Hamon B, Abdelaziz K et al (2019) Distribution of large-spored *Alternaria* species associated with early blight of potato and tomato in Algeria. *Phytopathol Mediterr* 58:139–149. https://doi.org/10.13128/Phytopathol_Mediterr-23988
- Bethke PC, Halterman DA, Jansky S (2017) Are we getting better at using wild potato species in light of new tools? *Crop Sci* 57:1241–1258. <https://doi.org/10.2135/cropsci2016.10.0889>
- Black W, Mastenbroek C, Mills WR, Peterson LC (1953) A proposal for an international nomenclature of races of *Phytophthora infestans* and of genes controlling immunity in *Solanum demissum* derivatives. *Euphytica* 2:173–179.
- Bradshaw JE, Ramsay G (2005) Utilisation of the commonwealth potato collection in potato breeding. *Euphytica* 146:9–19. <https://doi.org/10.1007/s10681-005-3881-4>
- Chen S, Borza T, Byun, Coffin R et al (2017) DNA markers for selection of late blight resistant potato breeding lines. *Am J Plant Sci* 8:1197–1209. <https://doi.org/10.4236/ajps.2017.86079>
- Cohen Y (2002) Populations of *Phytophthora infestans* in Israel underwent three major genetic changes during 1983 to 2000. *Phytopathol* 92:300–307. <https://doi.org/10.1094/PHYTO.2002.92.3.300>
- Culley DE, Dean BB, Brown CR (2002) Introgression of the low browning trait from the wild Mexican species *Solanum hjertingii* into cultivated potato (*S. tuberosum* L.). *Euphytica* 125:293–303. <https://doi.org/10.1023/A:1016099923261>
- Dita-Rodríguez MA, Brommonschenkel SH, Matsuoka K, Mizubuti ESG (2006) Components of resistance to early blight in four potato cultivars: effect of leaf position. *J Phytopathol* 154:230–235. <https://doi.org/10.1111/j.1439-0434.2006.01089.x>
- Douglas DR, Pavek JJ (1972) Screening potatoes for field resistance to early blight. *Am J Potato Res* 49:1–6.
- Duarte HSS, Laércio Zambolim I, Rodrigues FA, Paul PA et al (2014) Field resistance of potato cultivars to foliar early blight and its relationship with foliage maturity and tuber skin types. *Trop Plant Pathol* 39(4):294–306. <http://dx.doi.org/10.1590/S1982-56762014000400004>
- Fry W (2008) *Phytophthora infestans*: the plant (and R gene) destroyer. *Mol Plant Pathol* 9(3):385–402. <https://doi.org/10.1111/j.1364-3703.2007.00465.x>
- Gannibal PB, Orina AS, Mironenko NV, Levitin MM (2014) Differentiation of the closely related species, *Alternaria solani* and *A. tomatophila*, by molecular and morphological features and aggressiveness. *Eur J Plant Pathol* 139(3):609–623. <http://dx.doi.org/10.1007/s10658-014-0417-6>
- Gao L, Bradeen JM (2016) Contrasting potato foliage and tuber defense mechanisms against the late blight pathogen *Phytophthora infestans*. *PLOS ONE* 11(7):e0159969. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0159969>
- Herriott AB, Haynes Jr FL, Shoemaker PB (1990) Inheritance of resistance to early blight disease in tetraploid x diploid crosses of potatoes. *Hortscience* 25:224–226
- Jakuczun H, Wasilewicz-Flis I (2004) New sources of potato resistance to *Phytophthora infestans* at diploid level. *Plant Breed Seed Sci* 50:137–145
- Jansky SH, Simon R, Spooner DM (2008) A test of taxonomic predictivity: resistance to early blight in wild relatives of cultivated potato. *Phytopathol* 98(6):680–687. <https://doi.org/10.1094/PHYTO-98-6-0680>
- Leiminger JH, Hausladen H. (2012) Early blight control in potato using disease-orientated threshold values. *Plant Dis* 96(1):124–130. <http://dx.doi.org/10.1094/PDIS-05-11-0431>
- Mallik I, Arabiat S, Pasche JS, Bolton MD et al (2014) Molecular characterization and detection of mutations associated with resistance to succinate dehydrogenase-inhibiting fungicides in *Alternaria solani*. *Phytopathol* 104:40–49. <https://doi.org/10.1094/PHYTO-02-13-0041-R>
- Matson MEH, Small IM, Fry WE, Judelson HS (2015) Metalaxyl resistance in *Phytophthora infestans*: Assessing role of RPA190 gene and diversity within clonal lineages. *Phytopathol* 105:1594–1600. <https://doi.org/10.1094/PHYTO-05-15-0129-R>
- Meier A, Jansky S, Halterman D (2015) Germplasm release: three potato clones incorporating combined resistances to early blight from *S. alubrum* and late blight from *S. bulbocastanum* into a *S. tuberosum* background. *Am J Potato Res* 92:410–416. <https://doi.org/10.1007/s12230-015-9451-y>
- Mendoza HA, Martin C, Vallejo RL, Espinoza J (1986) Breeding resistance to early blight (*Alternaria solani*). *Am Potato J* 63:444–445
- Odilbekov F, Carlson-Nilsson U, Liljeroth E (2014) Phenotyping early blight resistance in potato cultivars and breeding clones. *Euphytica* 197(1):87–97. <https://doi.org/10.1007/s10681-013-1054-4>
- Pasche JS, Piche LM, Gudmestad NC (2005) Effect of the F129L mutation in *Alternaria solani* on fungicides affecting mitochondrial respiration. *Plant Dis* 89:269–278. <https://doi.org/10.1094/PD-89-0269>
- Pelletier JR, Fry WE (1990) Characterization of resistance to early blight in three potato cultivars: receptivity. *Phytopathol* 80:511–517. <https://doi.org/10.1094/Phyto-80-361>
- Randall E, Young V, Sierotzki H, Scalliet G et al (2014) Sequence diversity in the large subunit of RNA polymerase I contributes to mefenoxam insensitivity in *Phytophthora infestans*. *Mol Plant Pathol* 15:664–676. <https://doi.org/10.1111/mpp.12124>
- Rodrigues T, Berbee M, Simmons E, Carine CRC et al (2010) First report of *Alternaria tomatophila* and *A. grandis* causing early blight on tomato and potato in Brazil. *New Dis Rep* 22:28. <https://doi.org/10.5197/j.2044-0588.2010.022.028>
- Shtienberg D, Fry WE (1990) Influence of host resistance and crop rotation on initial appearance of potato early blight. *Plant Dis* 74:849–852. <https://doi.org/10.1094/pd-74-0849>
- Song J, Bradeen JM, Naess SK, Raasch JA et al (2003) Gene RB cloned from *Solanum bulbocastanum* confers broad spectrum resistance to potato late blight. *PNAS USA* 100(16):9128–9133
- Stewart HE, Bradshaw JE, Wastie RL (1994) Correlation between resistance to late blight in foliage and tubers in potato clones from parents of contrasting resistance. *Potato Res* 37(4):429–434. <https://doi.org/10.1023/B:EUPH.0000040451.21852.d8>
- Thomma BPHJ (2003) *Alternaria* spp.: from general saprophyte to specific parasite. *Mol Plant Pathol* 4(4):225–236. <https://doi.org/10.1046/j.1364-3703.2003.00173.x>
- Tymon LS, Cummings TF, Johnson DA (2016) Pathogenicity and aggressiveness of three *Alternaria* spp. on potato foliage in the US northwest. *Plant Dis* 100(4):797–801. <https://doi.org/10.1094/PDIS-08-15-0942-RE>

- Visker MHPW (2005) Association between late blight resistance and foliage maturity type in potato. Physiological and genetic studies. *PhD Thesis*. Wageningen. 160 p.
- Weber BN, Jansky SH (2012) Resistance to *Alternaria solani* in hybrids between a *Solanum tuberosum* haploid and *S. raphanifolium*. *Phytopathol* 102(2):214–221. <http://dx.doi.org/10.1094/PHYTO-05-11-0146>
- Weiya X, Haynes KG, Qu X (2019) Characterization of early blight resistance in potato cultivars. *Plant Dis* 103(4):629–637. <https://doi.org/10.1094/PDIS-05-18-0794-RE>
- Wolters PJ, de Vos L, Bijsterbosch G, Woudenberg JHC (2019) A rapid method to screen wild *Solanum* for resistance to early blight. *Eur J Plant Pathol* 154:109–114. <https://doi.org/10.1007/s10658-019-01741-y>
- Yang L, He M, Ouyang H, Zhu W et al (2019) Cross-resistance of the pathogenic fungus *Alternaria alternata* to fungicides with different modes of action. *BMC Microbiol* 19:205. <https://doi.org/10.1186/s12866-019-1574-8>
- Zarzycka H (2001) Evaluation of resistance to *Phytophthora infestans* in detached leaflet assay. *Monografie i Rozprawy Naukowe* 10b:75–77
- Zhang R (2004) Genetic characterization and mapping of partial resistance to early blight in diploid potato. *PhD Thesis*. Pennsylvania. 158 p.
- Zheng H, Zhao J, Wang T, Wu X (2014) Characterization of *Alternaria* species associated with potato foliar diseases in China. *Plant Pathol* 64:425–433. <https://doi.org/10.1111/ppa.12274>
- Zoteyeva NM (2000) Utilization of wild species in potato breeding for resistance to *Phytophthora infestans*. In: Khurana SM (ed) Potato global research and development. Shimla: Indian Potato Association. 556–560.
- Zoteyeva NM (2006) Frequency of genotypes with tuber resistance to *Phytophthora infestans* in wild potato species. Proc. 9th Workshop Eur. Network Dev. Integrated Control Strategy Potato Late Blight. 281–290.
- Zoteyeva NM, Chrzanowska M, Flis B, Zimnoch-Guzowska E (2012) Resistance to pathogens of the potato accessions from the collection of N. I. Vavilov Institute of Plant Industry (VIR). *Am J Potato Res* 89:277–293. <https://doi.org/10.1007/s12230-012-9252-5>

Translation of Russian References

- Mihaylova LA, Gogoleva SG, Gulyaeva EI (2002) [The interactions of *Bipolaris sorokiniana* strains and wheat samples] *Mikologiya i Fitopatologiya* 36(2):63–66 (in Russian)
- Orina AS, Gannibal PhB, Mironenko NV, Levitin MM (2014) [Comparative analysis of molecular genetics and physiological features of *Alternaria solani* and *A. tomatophila*] *Mikologiya i Fitopatologiya* 48(1):51–60 (in Russian)
- Zoteyeva HM, Antonova OYu, Klimenko NS, Apalikova OV et al (2017) [Use of the DNA markers of *R* genes and different cytoplasmic types for the introgressive hybridization of the wild polyploid Mexican potato species] *Agricultural Biology* 52:964–975 (in Russian) <https://doi.org/10.15389/agrobiology.2017.5.964rus>
- Zoteyeva NM (2019) [Late blight resistance of wild potato species under the field conditions in the North-West of Russia] *Trudy po prikladnoy botanike, genetike i seleksii*. 180(4):159–169 (in Russian) <https://doi.org/10.30901/2227-8834-2019-4-159-169>

Plant Protection News, 2020, 103(2), p. 99–104

OECD+WoS: 4.01+AM (Agronomy)

<https://doi.org/10.31993/2308-6459-2020-103-2-13347>

Full-text article

RESISTANCE OF WILD *SOLANUM* SPECIES AND HYBRIDS TO EARLY AND LATE BLIGHT

N.M. Zoteyeva¹, V.V. Vasipov¹, A.S. Orina^{2*}

¹All-Russian Institute of Plant Genetic Resources, St. Petersburg, Russia

²All-Russian Institute of Plant Protection, St. Petersburg, Russia

*corresponding author, e-mail: orina-alex@yandex.ru

Early and late blight are the most harmful diseases of the potato causing significant economic losses in many regions where this crop is cultivated. The search for donors with complex resistance to these diseases is a priority for potato breeding. Twenty-one accessions of wild *Solanum* species and interspecific hybrids with various pedigrees were studied. The reaction of plants to the infection caused by *Alternaria solani* and *Phytophthora infestans* was assessed separately in the laboratory test using the inoculation of leaf disks and leaf fractions of the potato accessions with a suspension of pathogen conidia and zoospores, respectively. All studied potato accessions showed the symptoms of early and late blight after the inoculation, but significantly varied in sensitivity to the pathogens. Inoculation caused by *A. solani* led to the development of necrosis of the analyzed potato accessions, covering from 1.2% to 11.5% of leaf disk area. After the inoculation with *P. infestans* the intensity of the symptom development on the leaf fractions of all analyzed potato accessions varied from 3 to 9 points on a 9-point scale. Six potato phenotypes represented by one *Solanum* species and 5 interspecific hybrids with complex resistance to early and late blight were identified.

Keywords: *Alternaria solani*, *Phytophthora infestans*, *Solanum* spp., inoculation, interspecific hybrids

Received: 16.03.2020

Accepted: 14.05.2020