

ОЦЕНКА УСТОЙЧИВОСТИ СОРТОВ КАРТОФЕЛЯ ИЗ КОЛЛЕКЦИИ ВИР К *PHYTOPHTHORA INFESTANS* В ЛАБОРАТОРНОМ ИЗУЧЕНИИ

Н.М. Зотеева*, О.С. Косарева

Всероссийский институт генетических ресурсов растений им. Н.И. Вавилова (ВИР), Санкт-Петербург

* ответственный за переписку, e-mail: zoteyeva@rambler.ru

Изучали 38 сортов картофеля *Solanum tuberosum* из коллекции ВИР по устойчивости к фитофторозу листьев и клубней. Для заражения использовали агрессивный изолят *Phytophthora infestans*, выделенный из пораженного растения посадок картофеля на экспериментальном поле ВИР (г. Пушкин). В опытах использовали концентрацию инокулюма 50000 зооспор/мл. Симптомы болезни учитывали с использованием шкалы от 1 до 9 баллов, где балл 9 означает устойчивость. Коллекция картофеля ВИР содержит богатое сортовое разнообразие. По данным, полученным в полевых обследованиях последних лет, большую часть коллекционных сортов составляют чувствительные к фитофторозу. Часть сортов, выделенных по устойчивости ботвы в полевом изучении, оценивали при искусственном заражении отделенных долей листьев для получения более достоверной характеристики их устойчивости. У некоторых из них полевая устойчивость не была подтверждена. Данные, полученные в тестах заражения клубней, не показали прямой зависимости между устойчивостью листьев и клубней. Только некоторые сорта характеризовались комбинацией этих признаков. В данном исследовании также выявлены сорта с устойчивостью листьев и чувствительностью клубней и с устойчивостью клубней и чувствительностью листьев. Для создания клонов картофеля, сочетающих устойчивость к фитофторозу с высокими агрономическими характеристиками, выделенные источники устойчивости могут быть привлечены в гибридизацию с сортами, обладающими высокими потребительскими свойствами, но также восприимчивостью к патогену листьев и/или клубней.

Ключевые слова: *Solanum tuberosum*, фитофтороз, инокуляция, устойчивость листьев, устойчивость клубней

Поступила в редакцию: 01.12.2020

Принята к печати: 01.06.2021

Введение

Фитофтороз картофеля, вызываемый оомицетом *Phytophthora infestans*, является одной из наиболее вредоносных болезней культуры. Для полового воспроизводства *Ph. infestans* требуются оба типа совместимости (A1 и A2) (Fry, Gudwin, 1997). До 1980 г. в популяциях возбудителя фитофтороза за пределами Мексики был распространен только один тип совместимости. Воспроизводство было бесполом, т.к. присутствовала только клоновая линия спаривания A1. После миграции новых штаммов *Ph. infestans* в Европу в 1976 г. и появление типа совместимости A2, половое размножение патогена стало возможным за счет чего выросло число высоко патогенных рас. Исследования показали, что популяции Северо-Восточной Европы характеризуются наличием обоих типов совместимости и обеспечивают процесс полового размножения оомицета (Веденяпина и др. 2002, Lehtinen et al., 2008; Runno-Paurson et al., 2009).

В северо-западном регионе РФ, где погодные условия крайне благоприятны для распространения инфекции, возбудитель фитофтороза может вызывать значительные потери урожая картофеля. Получение полноценного урожая невозможно без использования фунгицидов. В этой связи необходим поиск нового исходного материала для селекции. Патоген поражает как ботву, так и клубни картофеля. При создании фитофтороустойчивых сортов необходимо

проводить изучение устойчивости как надземных, так и подземных органов растений.

Расширение генетического разнообразия исходного материала является одной из стратегий селекции картофеля, направленной на выведение сортов с устойчивостью к патогенам. Сортная коллекция картофеля ВИР пополняется новыми образцами, которые проходят оценку устойчивости к болезням, в том числе к фитофторозу (Зотеева и др., 2017, 2018; Костина, Косарева. 2018). Испытания по устойчивости к фитофторозу картофеля в полевых условиях являются важным элементом при выборе исходного материала для селекции картофеля. Однако, стабильность устойчивости сортов в течение нескольких сезонов в условиях сильного проявления болезни изучается сравнительно редко ((Stewart et al. 1983, Parker et al. 1992, Forbes et al. 2005, Wulf et al. 2007). В полевых условиях высокая вероятность наличия более широкого спектра факторов вирулентности, чем в изолятах, используемых в лабораторных тестах. В поле часть растений может избегать попадания инфекции на растения в силу ряда условий (солнечная сторона посадок и др.), либо инфекционный фон будет снижен из-за жаркой погоды и отсутствия осадков. Устойчивость растений сильно зависит от погодных условий сезона. Так, исследователи из Литвы сообщают, что в отдельные годы эпифитотий опытные сорта поражались

целиком (100%), в то время как при умеренном распространении инфекции развитие болезни на них достигало 68% (Razukas et al., 2007).

Исследователями устойчивости картофеля к фитофторозу подчеркивается важность проведения оценки при искусственном заражении (Colon et al. 1995; Inglis et al. 1996). Различия в реакции растений на заражение может проявляться в зависимости от ряда факторов, в том числе, результаты изучения зависят от инфекционной нагрузки, агрессивности и вирулентности штаммов, используемых в лабораторных тестах и присутствующих в популяциях патогена в естественных условиях. Представляется, что для получения более надежной информации об устойчивости растительного материала к патогену, следует проводить его изучение как в полевых обследованиях, так и в лабораторных опытах. Интрогрессия генов устойчивости к болезни от диких видов *Solanum* является основным методом усиления устойчивости сортов картофеля к патогену. Многие современные сорта включают гермоплазму диких и культурных видов. Идентификация молекулярных маркеров с дальнейшим отбором растений, (MAS, molecular-assistent selection) имеет большое значение в связи со снижением как финансовых, так и больших трудовых затрат на проведение фитопатологического скрининга для отбора растений с устойчивостью к патогенам (Ewing et al. 2000). Генотипы с наличием нескольких маркеров генов устойчивости к разным патогенам используют в гибридизации, направленной на создание клонов с комплексной и групповой устойчивостью.

Материал и методы

Материалом для исследования служили 38 образцов *S. tuberosum* из сортовой коллекции отдела генетических ресурсов картофеля ВИР.

Оценку устойчивости проводили методами заражения отделенных долей листьев (Zarzycka, 2001) и декапированных клубней (Зотеева, Зимнох-Гузовская, 2004). Из природной популяции *Ph. infestans* с пораженных растений в поле Пушкинских и Павловских Лабораторий ВИР в 2020 г. было выделено несколько изолятов патогена. Для использования в опытах был отобран высоко патогенный изолят, поражающий в наиболее короткие сроки ломтики клубней чувствительного сорта Dorisa. Данный изолят вызывал поражение около 90% поверхности ломтиков клубней на 6-е сутки после заражения. Факторы вирулентности не определены. Концентрация инокулюма при заражении листьев и клубней составляла 50000 зооспор/1мл. Такую концентрацию инокулюма используют как отечественные, так и зарубежные исследователи (Хютти и др., 2020, Lin et al., 2020). Каждый признак изучали в двух независимых тестах. Опыты проводили в двух повторностях. Во всех тестах использовали контрольные сорта Alouette (устойчивый) и Dorisa (чувствительный).

Оценка устойчивости листьев. В пластиковые кюветы, выстланные влажной копировальной бумагой, выкладывали листья, накрывали их стеклами для создания условий повышенной влажности и помещали в климатическую

камеру с t° воздуха 17°C . Заражение осуществляли, помещая каплю инокулюма на центральную часть доли листа. Использовали по 3 доли листьев, собранных со среднего яруса 3-х растений образца в каждой повторности. Оценку поражения проводили на 7-е сутки после заражения с использованием 9-балльной шкалы, где балл 9 означает отсутствие симптомов болезни; балл 8 – инфекционное пятно занимает до 3% оцениваемой площади; балл 7 – от 3 до 10%; балл 6 – от 10.1 до 25%; балл 5 – от 25, 1 до 75%; балл 4 – от 75.1 до 90%; балл 3 – от 90.1 до 97%; балл 2 – 97.1 до 99% и балл 1 – инфекционное пятно занимает 100% площади (Zarzycka, 2001). Данная шкала использована при оценке устойчивости листьев и клубней.

Наличие нескольких маркеров генов устойчивости к фитофторозу в растительном материале увеличивает вероятность его высокой устойчивости. У значительной части растений при идентификации маркеров генов *Rpi* устойчивость отсутствует, т.е. у них эти гены не функциональны. С другой стороны, отсутствие в устойчивом материале маркеров генов, наиболее часто применяемых при генотипировании, является следствием еще недостаточного арсенала разработанных маркеров. Этим можно объяснить то, что в недавно проведенном исследовании, гибридный клон с наличием 4-х маркеров генов *Rpi* был менее устойчив, чем клон этого же гибрида с двумя (из их числа) детектированными маркерами (Зотеева и др., 2017).

Цель работы состояла в выявлении источников устойчивости к фитофторозу среди сортов картофеля. Проведенная нами работа направлена на выявление сортов картофеля с устойчивостью листьев и/или клубней для дальнейшей работы по их генотипированию и поиску MAS-эффективных маркеров. Образцы сортовой коллекции ВИР оценены нами по устойчивости к фитофторозу листьев и клубней в полевых обследованиях и в лабораторном изучении.

камеру с t° воздуха 17°C . Заражение осуществляли, помещая каплю инокулюма на центральную часть доли листа. Использовали по 3 доли листьев, собранных со среднего яруса 3-х растений образца в каждой повторности. Оценку поражения проводили на 7-е сутки после заражения с использованием 9-балльной шкалы, где балл 9 означает отсутствие симптомов болезни; балл 8 – инфекционное пятно занимает до 3% оцениваемой площади; балл 7 – от 3 до 10%; балл 6 – от 10.1 до 25%; балл 5 – от 25, 1 до 75%; балл 4 – от 75.1 до 90%; балл 3 – от 90.1 до 97%; балл 2 – 97.1 до 99% и балл 1 – инфекционное пятно занимает 100% площади (Zarzycka, 2001). Данная шкала использована при оценке устойчивости листьев и клубней.

Оценка устойчивости клубней. Оценку устойчивости клубней осуществляли с использованием метода, разработанного Зотеевой и Зимнох-Гузовской (2004). Изучение проводили в помещении с постоянной t° воздуха 18°C в пластиковых кюветах, накрытых стеклами, без доступа света. Инокулировали по 5 клубней каждого образца в присутствии контрольных сортов. Интенсивность роста мицелия фиксировали на 6-е сутки после заражения по оригинальной шкале 0–3 балла, где балл 0 означает отсутствие мицелия, а балл 3 – его интенсивный рост. Площадь инфекционного пятна оценивали на продольном разрезе клубня на 12-е сутки после заражения по шкале 1–9 баллов.

Результаты и обсуждение

Растения обследовали в общих посадках сортовой коллекции ВИР, первоначально было оценено более 100 образцов. Среди коллекционных сортов большую часть

составляют чувствительные к болезни. Часть сортов, выделенных по устойчивости ботвы в полевом изучении, оценивали при искусственном заражении листьев для

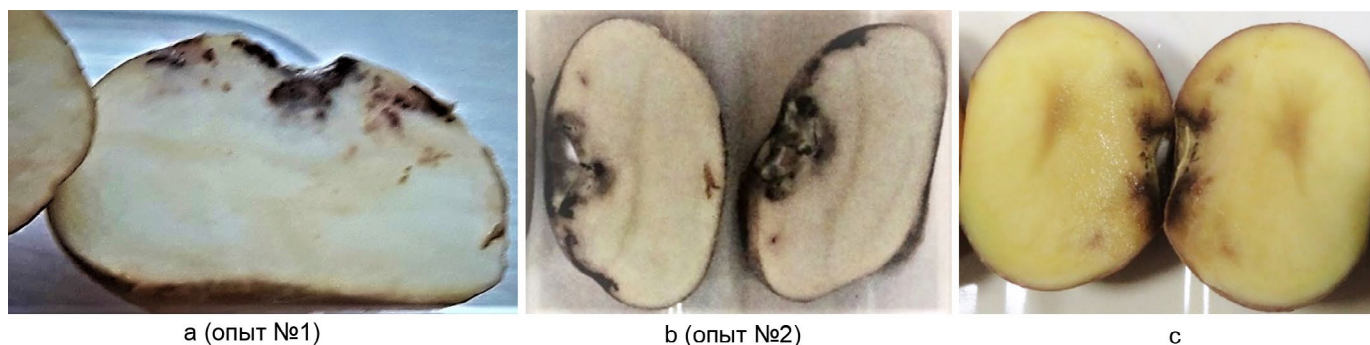
получения более достоверной характеристики их устойчивости. У части сортов полевая устойчивость не была подтверждена при искусственном заражении. Реакция контрольных сортов в лабораторных опытах была соответствующей характеристикам их устойчивости: на листьях сорта *Alouette* симптомы болезни отсутствовали, листья сорта *Dogisa* поражались в сильной степени (средний балл оценки 2.8). Часть сортов проявила высокую и умеренную чувствительность. В данном изучении 10 сортов проходили оценку только при заражении отделенных листьев. Среди них три (*Огниво*, *Сувенир* и *Сеянец Лаптева*) проявили устойчивость как при оценке в поле, так и в лабораторном изучении (данные не приведены в таблице 1). В ответ

на заражение *Ph. infestans* на листьях сорта *Сеянец Лаптева* появлялась реакция сверхчувствительности (рис.1). Устойчивость ботвы, найденная в полевом изучении, не подтвердилась у сортов *Голубизна* и *Воля*, ее оценивали баллами – 3.7 и 2.9, соответственно. Умеренной чувствительностью характеризовались сорта: *Дарковичский*, *Елисейевский*, *Брянский Надежный*, *Маугли*, *Лина* (средний балл 5); умеренной устойчивостью – сорт *Теща* (балл 5.7). В лабораторных опытах подтверждена устойчивость сортов: *Белуха*, *Ветеран*, *Дебрянск*, *Калинка*, *Киви*, *Кустаревский*, *Лазарь*, *Никулинский* и *Пранса* (таблица 1).



Рисунок 1. Реакция сверхчувствительности на отделенных долях листьев сорта *Сеянец Лаптева* (7-е сутки после заражения *Phytophthora infestans*)

Figure 1. Hypersensitivity reaction on detached leaflets of ‘Sejanets Lapteva’ variety (7th day after inoculation with *Phytophthora infestans*)



а (опыт №1)

б (опыт №2)

с

Рисунок 2. Проявление некротической реакции на продольном разрезе клубней сортов ‘Белоснежка’ (а, б), ‘и ‘Кустаревский’ (с) на 12-е сутки после инокуляции *Phytophthora infestans*

Figure 2. Necrotic reaction on longitudinally cut of tubers of varieties ‘Belosniezhka’ (a – assay 1 and b – assay 2), and ‘Kustarevsky’ (c) on the 12th day after inoculation with *Phytophthora infestans*

Таблица 1. Устойчивость листьев и клубней к фитофторозу у образцов сортовой коллекции картофеля ВИР

Название образца	Устойчивость, балл							
	Листьев		σ I, II	Клубней				σ (пятно) I, II
	I	II		мицелий (I)	пятно (I)	мицелий (II)	пятно (II)	
Барон	5.3	4.0	0.6	1.5	4.9	1.3	4.7	0.5
Белуха	7.0	8.5	0.7	2.7	2.3	2	2.6	0.4
Белоснежка	4.5	4.4	0.4	0.3	6.5	0.2	6.0	0.5
Брянский надежный	5.0	5.4	0.4	0.8	6.4	1.0	6.5	0.2
Варяг	5.8	5.6	0.2	1.2	6.2	1.0	6.1	0.2
Вектор	8.3	9.0	0.6	0.0	8.7	0.2	8.5	0.2
Захидна	6.5	6.0	0.5	1.5	6.1	1.0	6.0	0.1
Воля	3.3	3.0	0.6	1.5	3.2	1.5	3.0	0.4
Ветеран	7.5	8.7	0.6	2.7	7.3	0.7	6.7	0.6
Голубизна	3.8	3.6	0.7	1.7	5.7	1.0	5.9	0.2
Гибрид 1226-33	3.9	6.0	6.1	1.7	3.9	1.8	4.1	0.4
Дарковичский	5.0	5.4	0.4	0.7	6.0	0.8	6	0.2
Дебрянск	7.0	8.4	0.9	0.2	3.0	0.3	3.0	0.9
Диво	5.0	4.8	0.6	2.8	4.8	2.7	4.2	0.4
Елисеевский	5.3	5.0	0.6	2.6	3.4	2.8	3.3	0.6
Калинка	6.3	8.5	0.4	1.5	6.2	1.0	6.0	0.9
Киви	7.4	7.6	0.2	2.5	5.0	2.0	5.0	0.3
Красная Заря	7.0	7.0	0.0	0.8	6.8	0.5	6.7	0.4
Кустаревский	6.9	6.5	0.3	0.6	6.6	0.5	7.0	0.5
Лазарь	6.3	6.5	0.4	1.3	6.0	1.0	6.0	0.4
Лина	4.8	5.1	0.5	0	6.0	0	6.0	0.2
Маугли	5.0	5.0	0.6	2.0	6.3	0.5	6.0	0.7
Ломоносовский	3.3	4.0	0.5	1.5	6.0	1.0	6.4	0.4
Никулинский	7.0	7.0	0.0	0	6.5	1.0	6.3	0.5
Очарование	5.0	5.0	0.0	1.0	5.9	1.8	6.2	0.3
Пранса	6.5	6.7	0.5	1.1	6.3	1.0	6.0	0.3
Теща	5.5	5.9	0.4	0	6.4	0	6.7	0.7
контрольные сорта								
Alouette	9.0	9.0	0	0	9.0	0	9.0	0.3
Dorisa	3.0	2.4	0.4	2.6	3.0	2.7	3.0	0.8

I – первый опыт; II – второй опыт; σ – стандартное отклонение.

В двух опытах №1 и №2 по оценке устойчивости клубней у сорта Dorisa отмечен интенсивный рост мицелия и сильное распространение инфекции внутри клубня. На клубнях контрольного устойчивого сорта Alouette симптомы болезни отсутствовали. При оценке симптомов поражения у некоторых сортов отмечали некротическую реакцию на заражение *Ph. infestans* (рис. 1, 2). Интенсивный рост мицелия отмечен на клубнях сортов Елисеевский и Диво (балл 2.8), почти полное его отсутствие – у сорта Дебрянск (балл 0.3), Вектор, Белоснежка (балл 0.2) и полное отсутствие – у сортов Лина и Теща. Размеры инфекционных пятен на продольном разрезе клубней, оцениваемые баллами от 6 до 9, имели сорта: Белоснежка, Брянский Надежный, Варяг, Вектор, Ветеран, Захидна, Калинка, Красная Заря, Лазарь, Маугли, Никулинский и Теща. У устойчивых сортов, отвечающих на заражение появлением некротов, степень их выраженности была разной (рис. 2).

На продольном разрезе клубней сортов Дебрянск и Елисеевский, сильно различающихся по интенсивности роста мицелия, размеры инфекционных пятен были сопоставимы (баллы 3.0 и 3.4, соответственно) и указывали на чувствительность к болезни обоих сортов.

Обсуждение

В сортименте картофеля, выращиваемого в РФ, недостаточно устойчивых к фитофторозу сортов отечественной селекции. Для их создания необходим исходный материал, сочетающий устойчивость к болезни с хорошими хозяйственными характеристиками. В связи с этим образцы

После пассирования мицелия *Ph. infestans* в течение 2-х месяцев на ломтиках клубней сорта Dorisa, агрессивность изолята возросла. При пересеве культуры, мицелий получали уже на 4-е сутки после инокулирования. Во втором опыте, с использованием той же концентрации инокулюма, что и в предыдущем, на 12-е сутки после заражения у части сортов несколько увеличилась площадь инфекционных пятен. У сортов Лина и Калинка устойчивость снизилась с 5.9 до 5.0 и с 6.0 до 4.8 баллов, соответственно (данные не приведены в таблице).

Сопоставление полученных данных выявило отсутствие зависимости степени устойчивости листьев и клубней у изученных сортов. По результатам оценки выявлены образцы, характеризующиеся как устойчивостью листьев и неустойчивостью клубней (Гибрид 1226-33, Киви), так и с устойчивостью клубней и неустойчивостью листьев (Белоснежка, Ломоносовский). В данном изучении у части сортов найдена устойчивость как листьев, так и клубней, среди них: Вектор, Ветеран, Кустаревский, Лазарь, Никулинский, Пранса.

сортовой коллекции ВИР нуждаются в комплексном изучении. В разные годы проведено изучение признаков скоропелости, продуктивности, содержания крахмала, а также по устойчивости к ряду болезней и вредителей (Костина, Косарева. 2018). Проведена оценка устойчивости сортов в

Table 1. Leaf and tuber late blight resistance of the varieties from VIR's potato collection

Tested varieties	Resistance, score							
	Leaves		σ I, II	Tubers				σ (spot) I, II
	I	II		mycelium (I)	spot (I)	mycelium(II)	spot (II)	
Baron	5.3	4.0	0.6	1.5	4.9	1.3	4.7	0.5
Belukha	7.0	8.5	0.7	2.7	2.3	2	2.6	0.4
Belosnezhka	4.5	4.4	0.4	0.3	6.5	0.2	6.0	0.5
Bryanskiy nadyozhnyy	5.0	5.4	0.4	0.8	6.4	1.0	6.5	0.2
Varyag	5.8	5.6	0.2	1.2	6.2	1.0	6.1	0.2
Vektor	8.3	9.0	0.6	0.0	8.7	0.2	8.5	0.2
Zakhidna	6.5	6.0	0.5	1.5	6.1	1.0	6.0	0.1
Volya	3.3	3.0	0.6	1.5	3.2	1.5	3.0	0.4
Veteran	7.5	8.7	0.6	2.7	7.3	0.7	6.7	0.6
Golubizna	3.8	3.6	0.7	1.7	5.7	1.0	5.9	0.2
Gibrid 1226-33	3.9	6.0	6.1	1.7	3.9	1.8	4.1	0.4
Darkovichskiy	5.0	5.4	0.4	0.7	6.0	0.8	6	0.2
Debryansk	7.0	8.4	0.9	0.2	3.0	0.3	3.0	0.9
Divo	5.0	4.8	0.6	2.8	4.8	2.7	4.2	0.4
Eliseyevskiy	5.3	5.0	0.6	2.6	3.4	2.8	3.3	0.6
Kalinka	6.3	8.5	0.4	1.5	6.2	1.0	6.0	0.9
Kivi	7.4	7.6	0.2	2.5	5.0	2.0	5.0	0.3
Krasnaya Zarya	7.0	7.0	0.0	0.8	6.8	0.5	6.7	0.4
Kustarevskiy	6.9	6.5	0.3	0.6	6.6	0.5	7.0	0.5
Lazar	6.3	6.5	0.4	1.3	6.0	1.0	6.0	0.4
Lina	4.8	5.1	0.5	0	6.0	0	6.0	0.2
Maugli	5.0	5.0	0.6	2.0	6.3	0.5	6.0	0.7
Lomonosovskiy	3.3	4.0	0.5	1.5	6.0	1.0	6.4	0.4
Nikulinskiy	7.0	7.0	0.0	0	6.5	1.0	6.3	0.5
Ocharovaniye	5.0	5.0	0.0	1.0	5.9	1.8	6.2	0.3
Pransa	6.5	6.7	0.5	1.1	6.3	1.0	6.0	0.3
Tyoshcha	5.5	5.9	0.4	0	6.4	0	6.7	0.7
Control varieties								
Alouette	9.0	9.0	0	0	9.0	0	9.0	0.3
Dorisa	3.0	2.4	0.4	2.6	3.0	2.7	3.0	0.8

I – first experiment; II – second experiment; σ – standard deviation.

условиях инфекционных фонов *Ph. infestans* сезонов 2016 и 2017 гг., характеризовавшихся сильным распространением инфекции (Зотеева и др., 2017).

Сорта, прошедшие обследования в течение нескольких полевых сезонов с сильным распространением инфекции и проявившие устойчивость как в полевых условиях, так и в лабораторных тестах, можно рассматривать, как обладающие стабильно высокой устойчивостью к патогену.

Уровень устойчивости, проявляемый сортом, может зависеть от способа тестирования и условий естественного инфекционного фона. Чтобы заключить, что уровень устойчивости к фитофторозу сортов является длительным и стабильным данные об их высокой устойчивости должны иметь близкий диапазон баллов оценки, независимо от местоположения посадок и условий года (Lin et al. 1986; Becker, Leon 1988). У части сортов высокая устойчивость к фитофторозу, отмеченная в поле, не была подтверждена в лабораторных опытах.

При оценке материала в поле, расхождение данных об устойчивости может быть вызвано различием состава популяций *Ph. infestans*, и разными уровнями патогенности изолятов, используемых в лабораторном изучении. В отдельных случаях данные оригинаторов, найденные для некоторых сортов, расходились с результатами оценки, полученными нами. Так, в наших опытах при тестировании клубней сорта Очарование сорт оценивали, как устойчивый (средний балл устойчивости 6.1). По данным оригинатора (<https://www.kartofel.org/cultivars/sorta>), код сорта в

реестре (РФ9463592) устойчивость клубней оценивается баллом 5.0.

Часть сортов, проявивших устойчивость в полевых обследованиях, проведенных ранее, не вошла в число устойчивых в оценке последних лет. Это может быть связано с адаптацией местной популяции патогена к сортам. Способность паразита мутировать приводит к его адаптации к хозяевам (Kaltz, Shykoff, 1998; Gandon, Michalakis, 2002). Этот процесс наблюдали на примере сортов Невский и Аврора, проявлявших устойчивость ботвы в начале их появления в посадках, а теперь характеризующимися чувствительностью ботвы к патогену.

Сильное влияние на результаты тестов оказывает фактор агрессивности используемого изолята. В любом, выделенном из природной популяции изоляте, могут также присутствовать гены вирулентности, которые не определяются с помощью клонов-дифференциаторов Блека *R1-R11* (Black et al., 1953), для идентификации которых не разработаны генотипы растений -хозяев. Поэтому идентификация генов вирулентности от v.1 до v.11 не дает полной информации о вирулентности изолятов. Для мониторинга генетической вариабильности популяций *Ph. infestans* в настоящее время используют молекулярные методы, исследуя гаплотипы митохондриальной ДНК (mtDNA haplotyping) (Martin et al., 2019).

Полученные результаты можно рассматривать, как предварительные, поскольку в использованном изоляте *Ph. infestans* не определены факторы вирулентности на

листьях генотипов-дифференциаторов Блека *R1–R11*. Однако, исходя из того, что данный изолят был выделен из популяции *Ph. infestans*, на высоком инфекционном фоне которой проходила полевая оценка устойчивости опытных образцов, он рассматривается нами, как репрезентативный и дающий возможность дифференцировать образцы по степени их устойчивости.

Сопоставление данных по устойчивости листьев и клубней у растений картофеля проводили ранее (Stewart et al., 1994). Результаты проведенной нами оценки показали

Работа 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).

Библиографический список (References)

- Веденяпина ЕГ, Зотеева НМ, Патрикеева МВ (2002) *Phytophthora infestans* в Ленинградской области: гены вирулентности, типы совместимости и жизнеспособность ооспор. *Микология и фитопатология* 36(6):77–85
- Зотеева Н, Зимнох-Гузовская Е (2004) Новый метод оценки устойчивости клубней картофеля к фитофторозу. *Микология и фитопатология* 38(1):89–93
- 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>
- Зотеева НМ, Косарева ОС, Евдокимова ЗЗ (2017) Поиск устойчивого к фитофторозу исходного материала для селекции среди сортов и клонов картофеля. *Труды по прикладной ботанике, генетике и селекции* 178(4):125–131. <https://doi.org/10.30901/2227-8834-2017-4-119-126>
- Зотеева НМ, Косарева ОС, Евдокимова ЗЗ (2018) Чувствительность сортов и селекционных клонов картофеля к *Rizoctonia solani* и *Streptomyces scabies*. *Труды по прикладной ботанике, генетике и селекции* 179(4):141–148. <https://doi.org/10.30901/2227-8834-2018-4-141-148>
- Костина ЛИ, Косарева ОС (2017) Коллекция селекционных сортов картофеля для селекции на продуктивность, скороспелость, устойчивость к фитофторозу, вирусным болезням и *Globodera rostochiensis* Woll. *Труды по прикладной ботанике, генетике и селекции* 179(4):75–82. <https://doi.org/10.18699/VJ20.629> [10.30901/2227-8834-2018-4-74-81](https://doi.org/10.30901/2227-8834-2018-4-74-81)
- Хютти АВ, Рыбаков ДА, Гавриленко ТА, Афанасенко ОС (2020) Устойчивость к возбудителям фитофтороза и глободероза современного сортимента семенного картофеля и его фитосанитарное состояние в различных агроклиматических зонах европейской части России. *Вавиловский журнал генетики и селекции* 24(4):363–375. <https://doi.org/10.18699/VJ20.629>
- Becker HC, Léon J (1988) Stability analysis in plant breeding. *Plant Breed* 101(1):1–23. <https://doi.org/10.1111/j.1439-0523.1988.tb00261.x>
- 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. <https://doi.org/10.1007/BF00053724>
- Colon LT, Budding DJ, Hoogendoorn J (1995) Breeding for foliar resistance to *Phytophthora infestans* in potato: the influence of test conditions on the results of screening for field resistance. In: Dowley L, Bannon E, Cooke L, Keane T, O’Sullivan E (eds) *Phytophthora infestans* 150. Dublin, Ireland: Boole Press Ltd. 282–288
- Ewing EE, Šimko I, Smart CD (2000) Genetic mapping from field tests of qualitative and quantitative resistance to *Phytophthora infestans* in a population derived from *Solanum tuberosum* and *Solanum berthaultii*. *Mol Breed* 6(1):25–36. <https://doi.org/10.1023/A:1009648408198>
- Fry WE, Goodwin SB (1997). Re-emergence of potato and tomato late blight in the United States. *Plant Dis* 81(12):349–357. <https://doi.org/10.1094/PDIS.1997.81.12.1349>
- Gandon S, Michalakakis Y (2002) Local adaptation, evolutionary potential and host–parasite coevolution: interactions between migration, mutation, population size and generation time. *J Evol Biol* 15(3):451–462. <https://doi.org/10.1046/j.1420-9101.2002.00402.x>
- Inglis DA, Johnson DA, Legard DE, Fry WE et al (1996) Relative resistance of potato clones in response to new and old populations of *Phytophthora infestans*. *Plant Dis* 80(5):575–578
- Kaltz O, Shykoff JA (1998) Local adaptation in host-parasite systems. *Heredity* 81(4):361–370. <https://doi.org/10.1046/j.1365-2540.1998.00435.x>
- Lin CS, MR Binns, LP Lefkovitch (1986) Stability analysis: Where do we stand? *Crop Sci* 26(5):894–900. <https://doi.org/10.2135/cropsci1986.0011183X002600050012x>
- Lehtinen A, Hannukkala A, Rantanen T, Jauhiainen L (2007) Phenotypic and genetic variation in Finnish potato late blight populations 1997–2000. *Plant Pathol* 56(3):480–491. <https://doi.org/10.1111/j.1365-3059.2006.01556.x>
- Parker JM, Thurston HD, Villareal-Gonzalez MJ, Fry WE (1992) Stability of disease expression in the potato late blight pathosystem: A preliminary field study. *Am J Pot Res* 69(10):635–644. <https://doi.org/10.1007/BF02852676>
- Razukas AJ, Jundulas J, Asakaviciute JR (2008) Potato cultivars susceptibility to potato late blight (*Phytophthora infestans*). *Appl Ecol Env Res* 6(1):95–106
- Martin FN, Zhang Y, Cooke DEL, Coffey MD et al (2019) Insights into evolving global populations of *Phytophthora infestans* via new complementary mtDNA haplotype markers and nuclear SSRs. *PLoS One* 14(1):e0208606. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0208606>
- Runno-Paurson E, Fry WE, Myers KL, Koppel M et al (2009) Characterization of *Phytophthora infestans* isolates collected

- from potato in Estonia during 2002–2003. *Eur J Plant Pathol* 124(4):565–575. <https://doi.org/10.1007/s10658-009-9442-2>
- Stefańczyk E, Plich J, Janiszewska M, Smyda-Dajmund P et al (2020) Marker-assisted pyramiding of potato late blight resistance genes *Rpi-rzcl* and *Rpi-phul* on di- and tetraploid levels. *Mol Breed* 40(9):89. <https://doi.org/10.1007/s11032-020-01169-x>
- 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/10.1007/BF02358357>
- Stewart, HE, Flavell PH, McCalmont DC, Wastie RL (1983) Correlation between glasshouse and field test for resistance to foliage blight caused by *Phytophthora infestans*. *Potato Res* 26(1):41–48. <https://doi.org/10.1007/BF02357372>
- Wulff EG, Pérez W, Nelson RJ, Bonierbale M et al (2007) Identification of stable resistance to *Phytophthora infestans* in potato genotypes evaluated in field experiments in Peru. *Exp Agr* 43(3):353–363. <https://doi.org/10.1017/S0014479707004991>
- Zarzycka H (2001) Evaluation of resistance to *Phytophthora infestans* in detached leaflet assay. In: Monografie i Rozprawy Naukowe 10b. Radzików: IHAR. 75–77

Translation of Russian References

- Khiutti AV, Rybakov DA, Gavrilenko TA, Afanasenko OS (2020) [Resistance to causal agents of late blight and golden potato nematode of the modern cultivars of seed potatoes and their phytosanitary status in various agroclimatic zones of the European part of Russia]. *Vavilovskii Zhurnal Genetiki i Selekcii* 24(4):363–375 (in Russian) <https://doi.org/10.18699/VJ20.629>
- Kostina LI, Kosareva OS (2018) [The collection of potato cultivars as a source for breeding for high yield, earliness, and resistance to late blight, virus diseases and *Globodera rostochiensis* Woll.]. *Proceedings on applied botany, genetics and breeding* 179(4):74–81 (in Russian) <https://doi.org/10.18699/VJ20.629> [10.30901/2227-8834-2018-4-74-81](https://doi.org/10.30901/2227-8834-2018-4-74-81)
- Zoteyeva N, Zimnoch-Guzowska E (2004) [New method of the assessment of the potato tuber resistance to late blight]. *Mikologiya i fitopatologiya* 38(1):89–93 (in Russian)
- Zoteyeva NM, Kosareva OS, Evdokimova ZZ (2017) [Search for source material with late blight resistance among potato varieties and clones]. *Proceedings on applied botany, genetics and breeding* 178(4):119–126 (in Russian) <https://doi.org/10.30901/2227-8834-2017-4-119-126>
- Zoteyeva NM, Kosareva OS, Evdokimova ZZ (2018) [Assessment of the potato cultivars and breeding clones for susceptibility to *Rizoctonia solani* and *Streptomyces scabies*]. *Proceedings on applied botany, genetics and breeding* 179(4):142–149 (in Russian) <https://doi.org/10.30901/2227-8834-2018-4-141-148>
- Vedenyapina EG, Zoteyeva NM, Patrikeyeva MV (2002) [*Phytophthora infestans* in Leningrad Region: genes for virulence, mating types and oospore fitness]. *Mikologiya i fitopatologiya* 36(6):77–85 (in Russian)
- Zoteyeva NM, Antonova OYu, Klimenko NS, Apalikova OV et al (2017) [Facilitation of introgressive hybridization of wild polyploid Mexican potato species using DNA markers of R- genes and of different cytoplasmic types]. *Sel'skokhozyaistvennaya biologiya* 52(5):964–975 (in Russian) <https://doi.org/10.15389/agrobiology.2017.5.964rus>

Plant Protection News, 2021, 104(2), p. 113–119

OECD+WoS: 4.01+AM (Agronomy)

<https://doi.org/10.31993/2308-6459-2021-104-2-14616>

ASSESSMENT OF THE VARIETIES FROM THE VIR'S POTATO COLLECTION FOR RESISTANCE TO *PHYTOPHTHORA INFESTANS* IN LABORATORY ASSAYS

H.M. Zoteyeva*, O.S. Kosareva

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

*corresponding author, e-mail: zoteyeva@rambler.ru

Thirty-eight varieties of potato *Solanum tuberosum* L. from the N. I. Vavilov All-Russian Institute of Plant Genetic Resources (VIR) collection were studied for leaf and tuber resistance to late blight. An aggressive *Phytophthora infestans* isolate collected from VIR experimental field was used for inoculation at a concentration of 50,000 zoospores/ml. The disease severity was evaluated using a scale from 1 to 9 grades, where grade 9 means resistant. Recent field observations revealed that most of the variety accessions were sensitive to late blight. In the present study, some of the varieties identified as foliar resistant in field evaluation were further tested under artificial inoculation. Resistance of some varieties found in field observations was not confirmed in laboratory assays. The data obtained in tuber inoculation tests did not show a direct correlation between resistance levels in leaves and tubers. Only some varieties possessed both characteristics, while varieties with leaf resistance and tuber sensitivity and with tuber resistance and leaf sensitivity were also identified. To develop potato varieties that combine resistance to late blight with good agronomic characteristics, resistant lines identified in this study can be potentially hybridized with varieties of high consumer value that are susceptible to late blight.

Keywords: *Solanum tuberosum*, late blight, inoculation, resistance of leaves, resistance of tubers

Submitted: 01.12.2020

Accepted: 01.06.2021