

ИММУНИТЕТ КУЛЬТУРНЫХ РАСТЕНИЙ И ИХ ДИКИХ РОДИЧЕЙ

DOI: 10.30901/2227-8834-2017-4-119-126

УДК 635.21:632.9

ОРИГИНАЛЬНАЯ СТАТЬЯ

Зотева Н. М.¹, Косарева О. С.¹, Евдокимова З. З.²

¹Федеральный исследовательский центр Всероссийский институт генетических ресурсов растений имени Н. И. Вавилова, 190000 Санкт-Петербург, ул. Б. Морская, 42, 44, Россия.

² Ленинградский НИИСХ «Белогорка», 188338 Ленинградская область, пос. Сиверский, ул. Институтская, 1, Россия.

Ключевые слова:

картофель, сорта, устойчивость, фитофтороз

Поступление:

12.10.2017

Принято:

17.11.2017

ПОИСК УСТОЙЧИВОГО К ФИТОФТОРОЗУ ИСХОДНОГО МАТЕРИАЛА ДЛЯ СЕЛЕКЦИИ СРЕДИ СОРТОВ И КЛОНОВ КАРТОФЕЛЯ

Актуальность. Большие потери урожая картофеля происходят вследствие поражения растений фитофторозом. Болезнь поражает как листья, так и клубни растений. Одним из наиболее конструктивных путей решения проблемы является выведение устойчивых сортов. Для обеспечения современных программ селекции необходимы генетически разнообразные источники устойчивости к болезни. Коллекция картофеля ВИР содержит около 2000 сортов. Изучение образцов сортовой коллекции картофеля в поле в условиях напряженного инфекционного фона, а также в лабораторных экспериментах, с использованием агрессивных изолятов *Phytophthora infestans* (Mont.) de Bary, весьма актуально. **Материал и методы.** Изучение сортов картофеля из коллекции ВИР по устойчивости к фитофторозу ботвы и клубней проводили в полевых и лабораторных условиях. С использованием балловой шкалы осуществляли еженедельный мониторинг развития болезни от начала появления первых симптомов на растениях в поле и до уборки урожая. Устойчивость к болезни клубней изучали с помощью оригинального лабораторного метода. При этом учитывали степень интенсивности мицелия по шкале от 0 (отсутствие мицелия) до 3 баллов (интенсивный рост) и размер инфекционного пятна на продольном разрезе клубней по шкале 1–9 баллов.

Результаты и выводы. В условиях сильного распространения инфекции в поле устойчивость проявили сорта разных сроков созревания, среди них и ряд ранних сортов. В лаборатории выявили сорта и селекционные клоны с устойчивостью клубней. Степень устойчивости части образцов колебалась по годам. Коллекция ВИР содержит сорта картофеля с различным сочетанием устойчивости ботвы и клубней (комбинированная устойчивость, устойчивость ботвы/чувствительность клубней, устойчивость клубней/чувствительность ботвы), которые могут служить исходным материалом для селекции. Устойчивость листьев и клубней некоторых сортов может зависеть от различия популяций патогена в разные годы исследований по генам вирулентности.

DOI: 10.30901/2227-8834-2017-4-119-126

ORIGINAL ARTICLE

N. M. Zoteyeva¹, O. S. Kosareva¹, Z. Z. Evdokimova²

¹N. I. Vavilov All-Russian Institute of Plant Genetic Resources, 42–44 Bolshaya Morskaya St., St. Petersburg, 190000, Russia, e-mail: zoteyeva@rambler.ru

²Belogorka Research Institute of Agriculture, 1 Institutskaya St., Siversky Town, Leningrad Province, 188338, Russia

Key words:

potato varieties, leaf and tuber resistance, late blight

Received:

12.10.2017

Accepted:

17.11.2017

SEARCH FOR SOURCE MATERIAL WITH LATE BLIGHT RESISTANCE AMONG POTATO VARIETIES AND CLONES

Background. Late blight caused by the oomycete *Phytophthora infestans* (Mont.) de Bary leads to serious losses in yield worldwide. Disease is affecting both foliage and tubers. The most promising way to solve this problem is the development of cultivars with leaf and tuber resistance to this disease. Such programs require genetically diverse sources of resistance to the pathogen. VIR's collection holds around 2,000 of potato varieties. There is a need to evaluate this collection in the field against an intense infection and in the laboratory using aggressive isolates of *P. infestans*. **Material and methods.** Late blight resistance evaluation was done in the field as well as in the lab. After the appearance of first symptoms, weekly monitoring was performed until the harvesting time using the grade scale from 1 (susceptible) to 9 (resistant). For tuber resistance evaluation, laboratory tests were carried out applying an original method. In tuber tests the symptom score was made taking into account the intensity of the mycelium growth – from 0 (lack of mycelium) to 3 (intensive mycelium growth) – and the diseased lesion size on a longitudinal tuber cross-section using the scale from 1 to 9. **Results and conclusions.** Under a high natural infection pressure in the field, varieties of different maturity types, including early ones, manifested late blight resistance. Tuber late blight resistant varieties and breeding clones were also identified. Part of VIR's collection comprises varieties with only leaf or tuber resistance as well as with combined resistance of both leaves and tubers. Such varieties could be used in potato breeding. Leaf and tuber resistance of some varieties was found to be dependent on the seasonal *P. infestans* population structure and on isolates used for inoculation.

Введение

Многие свойства культуры картофеля – высокая урожайность, ранняя продукция, пищевая ценность и вкусовая привлекательность – определяют высокий потенциал картофеля в решении задач продовольственной безопасности (Devauхе et al., 2014).

Расширение генетического разнообразия сортов является одной из стратегий, защищающих картофель от влияния неблагоприятных экологических условий, включая вариацию качества почв, температурного режима, количества осадков и др. (Lando, Mak, 1994; Bellon, 1996). Во всем мире существует около 4,5 тыс. сортов картофеля (Pieterse, Hils, 2009). Поддержание сортового разнообразия крайне важно и в связи с различиями сортов по способности адаптироваться в новых условиях изменяющегося климата (Wolfe, 2013).

Улучшение признаков продуктивности, качества клубней и устойчивости к болезням может быть достигнуто с использованием генетически разнообразного исходного материала (Mendoza, Haynes, 1974; Corsini et al., 1999). Существенный прогресс в выведении фитофтороустойчивых сортов был достигнут с помощью предварительного отбора источников высокой устойчивости к патогену (Colon et al., 1988; Young et al., 2009).

Среди различных направлений селекции устойчивость к фитофторозу, вызываемому оомицетом *Phytophthora infestans* (Mont.) de Bary, особенно актуальна, поскольку вредоносность патогена очень велика. Она возрастает вследствие полового процесса размножения патогена, при котором происходит рекомбинация генов вирулентности и формируются резистентные к фунгицидам расы (Fry et al., 1993; Fry, Goodwin, 1997; Fry, 2008). Патоген поражает листья, стебли и клубни растений. В селекционных программах предусматривается сочетание различных типов устойчивости – от сверхчувствительности до толерантности к инфекции как листьев, так и клубней. У растений картофеля положительная корреляция между устойчивостью к фитофторозу листьев и клубней

не отмечена. Среди сортов разных сроков созревания позднеспелые чаще проявляют высокую устойчивость к болезни. Задачей многих селекционных программ является создание фитофтороустойчивых клонов с ранними сроками созревания.

Исходный материал по устойчивости к фитофторозу традиционно исследуют в поле при наличии высокого инфекционного фона, а также в лаборатории при инокуляции листьев, клубней и целых растений (Lapwood, 1961; Hodgson, 1962; Knutson, 1962). Изучение материала нередко проводят в рамках международного сотрудничества, используя изоляты, выделенные из популяций *P. infestans*, распространенных в разных регионах мира (Forbes et al., 2005). Выведение новых продуктивных сортов подразумевает сочетание высокой устойчивости с хорошим качеством клубней. Важным признаком является также раннеспелость сортов, уводящая растения от поражения фитофторозом во второй половине августа, когда развитие инфекции достигает высокого уровня.

Цель настоящей работы – выявление среди сортов и селекционных клонов картофеля источников устойчивости листьев и клубней к фитофторозу для последующего использования в селекции.

Материал и методы

Устойчивость сортов из коллекции отдела генетических ресурсов картофеля ВИР изучали на экспериментальном поле научно-производственной базы «Пушкинские и Павловские лаборатории ВИР» (ПЛ ВИР), где почти ежегодно развитие фитофтороза достигает высокого уровня. Этому способствуют климатические условия Северо-Западного региона с выпадением большого количества осадков, высокой влажностью воздуха и почвы, а также перепадами дневных и ночных температур во второй половине вегетационного периода. Эпифитотии фитофтороза происходят обычно раз в три года. Проведенные нами ранее исследования структуры популяций патогена позволили выявить широкий спектр вирулентности выделенных изолятов *P. infestans* и наличие двух известных

типов совместимости (Vedenyapina et al., 2002; Zoteyeva, Patrikeeva, 2010). В связи с этим, исследования устойчивости растений картофеля к фитофторозу в этих условиях можно считать высоко достоверными.

Материалом для изучения устойчивости ботвы служили 618 сортов. В лабораторных опытах 2011 и 2012 гг. при искусственном заражении клубней изучили устойчивость 21 селекционного сорта из коллекции ВИР; в 2016 г. анализировали устойчивость 24 сортов и 7 селекционных клонов 304/25, 1101/1, 1503/1, 2103/3, 2804/3, 3602/1, 3602/28) из коллекций ВИР и ЛенНИИСХ «Белогорка».

Полевые наблюдения осуществляли в соответствии с методикой М. Sieczka (2001). Обследования проводили каждые 5 дней с начала появления инфекции на контрольных неустойчивых сортах, используя шкалу от 9 (отсутствие симптомов болезни) до 1 (целиком пораженное растение). Устойчивыми считали образцы, на которых развитие болезни составляло 6–9 баллов.

Для оценки устойчивости клубней применяли разработанный нами метод заражения декапитированных клубней (Zoteyeva, Zimnoch-Guzowska, 2004). Оценивали степень поражения клубней изолятами *P. infestans* с 6 (1.3.6.7.10.11) и 8 (1.2.3.4.5.6.8.10.11.) генами вирулентности. В 2016 г. использовали агрессивный изолят, выделенный из листьев сорта 'Бородянский Розовый'. Инокулировали по 3 клубня в двух повторностях. Интенсивность роста мицелия оценивали на шестые сутки после заражения по шкале от 0 (отсутствие мицелия) до 3 (интенсивный рост мицелия). Степень поражения мякоти на продольном разрезе клубня учитывали на 10 сутки после заражения. Использовали шкалу от 1 (восприимчивость) до 9 (высокая устойчивость). В качестве неустойчивого контроля использовали клубни сорта 'Дориза' и 'Приекульский Ранний', устойчивого – сорта 'Невский'.

Результаты и обсуждение

Полевые сезоны 2016 и 2017 гг. характеризовались высоким уровнем раз-

вития фитофтороза, чему способствовало обильное выпадение осадков значительно выше нормы. Появление первых симптомов болезни отмечали в начале июля. Распространение инфекции происходило интенсивно, и уже к концу июля симптомы болезни обнаруживали на растениях более половины сортов. На растениях сорта 'Аврора' с умеренной устойчивостью к фитофторозу симптомы поражения отмечены в середине августа (средний балл 5,5). К концу периода вегетации поражение растений оценивали баллом 5. В отдельные годы этот сорт проявлял устойчивость до конца периода вегетации. Устойчивость растений сорта 'Невский' уже к середине августа оценивалась баллом 4. В этой связи результаты оценки фитофтороустойчивости картофеля в эти эпифитотийные годы можно рассматривать как высоко достоверные.

В 2016 г. среди 106 сортов картофеля ранних сроков созревания устойчивые составляли ровно половину (53 образца). В 2017 г. из 190 изученных ранних сортов устойчивость проявили только 34. Среди 357 сортов из других групп устойчивыми оказались 78. Приводим названия некоторых из них: 'Астра', 'Брянский Красный', 'Гарант', 'Добрыня', 'Зарево', 'Зоряна', 'Кабардинский', 'Катерина', 'Кемеровский', 'Купалинка', 'Кустаревский', 'Лариса Брянская', 'Лебедь', 'Лира', 'Луговской', 'Магнат', 'Максим', 'Рапсодия', 'Талисман', 'Оксамит 99', 'Ольвия'. Интересен для селекции на фитофтороустойчивость сорт 'Сеянец Лаптева', который до срока уборки оставался без симптомов фитофтороза и других болезней (балл 9,0). Усиление симптомов фитофтороза на растениях сорта 'Аврора', ежегодно используемого в обсадках, в 2016 г. наступило раньше, чем в 2017 г. Сравнение данных показало, что сорта 'Белоснежка', 'Белуха', 'Веселовский 2-4', 'Кормилец', 'Красавица', 'Красная Заря', 'Лазарь', 'Матс', 'Мустанг', 'Никкулинский', 'Русский Сувенир', 'Тулевский', 'Чая' проявляли высокую устойчивость (баллы 7–9) в условиях

2016 г., а в 2017 г. их устойчивость была несколько ниже. При этом некоторые сорта ('Колобок', 'Кристалл', 'Наука', 'Рамзай') сильнее поражались в 2016 г. Хотя 2016 г., характеризовавшийся обильным выпадением осадков во второй половине вегетационного периода, был благоприятен для развития фитофтороза, в 2017 г., также отличавшимся обилием дождей, инфекционный прессинг в целом оказался сильнее.

Таблица 1. Устойчивость к *P. infestans* клубней сортов картофеля из коллекции ВИР
Table 1. Tuber resistance to *P. infestans* in potato varieties from the VIR collection

Сорт	Рост мицелия, балл	Площадь поражения мякоти, балл	Рост мицелия, балл	Площадь поражения мякоти, балл
	2011 г.		2012 г.	
Dorisa	3	5	3	4,8
Estrella	3	2	3	2
Karlana	3	6	3	4,5
Акцент	3	5	3	5
Ветразь	1,5	7	3	6,2
Гарминия	0,5	5	1	4,8
Купава	1	5	-	-
Купалинка	0	8	0	5,5
Маг	0	7	1,2	6
Наяда	0,5	6	0,5	5,8
Повинь	2	5	2	4,4
Полиська	0,5	6	1,8	4,7
Престиж	0	6	-	-
Свенский	1	7	1,5	6,5
Тобол	0,7	6	-	-
Тохтар	1	4	2	3,5
Фантазия	2	7	2	5,8
Фиолетик	0,5	7	1	6
Червона Рута	0,5	6	-	-
Юпитер	0	7	1	5,8
Янка	1	5	2	4
Контроль				
Невский	0	7	0	6,2
Дориза	3	3,2	3	3,0

В лабораторных опытах 2011 и 2012 гг. часть сортов проявила одинаковую реакцию на заражение клубней *P. infestans* в оба года изучения. Наиболее высокая устойчивость выявлена у сортов 'Ветразь', 'Маг', 'Свенский', и 'Фиолетик'; умеренной устойчивостью характеризовались 'Купалинка', 'Фантазия' и 'Юпитер' (табл. 1). По результатам однолетнего изучения устойчивость клубней найдена у сортов 'Престиж', 'Тобол' и 'Червона Рута'. Степень устойчивости сортов 'Купалинка', 'Маг', 'Полиська', 'Фантазия', 'Фиолетик' и 'Юпитер' различалась по

годам и могла зависеть от использованных изолятов *P. infestans*. Применявшиеся изоляты патогена различались по уровню агрессивности. Более агрессивным был изолят, выделенный из популяции *P. infestans* 2012 г., который вызывал более сильные симптомы фитофтороза на клубнях части сортов и контрольного сорта 'Невский' (см. табл. 1).

Часть сортов из коллекции ВИР характеризуется многими ценными признаками: повышенной урожайностью, устойчивостью к другим болезням (альтернариоз, ризоктониоз, вирусные инфекции), однако проявляет слабую устойчивость ботвы к фитофторозу. В связи с этим необходимо шире проводить изучение устойчивости клубней у сортов с разной степенью устойчивости листьев. В полевых обследованиях сорта 'Брянский Ранний', 'Теща' проявляли чувствительность листьев к фитофто-

розу. Данные лабораторной оценки показали, что у этих сортов устойчивость к фитофторозу клубней превосходит устойчивость ботвы. Среди других изученных в 2016 г. образцов картофеля, характеризующихся разной степенью поражаемости ботвы, устойчивость клубней отмечена у сортов 'Брянский Ранний', 'Валентина', 'Гауя', 'Звездочка', 'Лина', 'Рябинушка' и 'Теща'. Умеренной устойчивостью характеризовались 'Антонина', 'Ирбитский', 'Красавица', 'Лекарь' и 'Русский Сувенир' (табл. 2). Слабый рост мицелия отмечен на срезах клубней сортов 'Аметист', 'Мусинский' и 'Фермер', его отсутствие – у сортов 'Гауя', 'Лекарь' и 'Теща'.

Устойчивость клубней найдена у двух (304/25 и 3602/28) из семи изученных гибридных клонов из коллекции Ленинградского НИИСХ. Умеренную устойчивость проявили три клона: 1101/1, 2103/3 и 3602/1.

Таблица 2. Устойчивость к фитофторозу клубней сортов картофеля (2016 г.)

Table 2. Tuber resistance to *P. infestans* in potato varieties in 2016

Сорт	Рост мицелия, балл	Площадь поражения мякоти, балл	Сорт	Рост мицелия, балл	Площадь поражения мякоти, балл
Аврора	2	4,6	Лекарь	0	5,5
Аметист	0,7	5,0	Лина	0,5	6,0
Антонина	1	5,5	Мусинский	0,1	5
Барон	3	4,0	Призер	1	5
Белуха	2	4,0	Ресурс	1	5,0
Брянский Ранний	1	6,0	Русский Сувенир	1	5,5
Валентина	1	5,8	Рябинушка	1	6
Гауя	0	6,5	Теща	0	6,8
Жигулевский	1,5	4,5	Удовицкий	2	5
Звездочка	1,5	6	Утенок	1,5	5
Ирбитский	1	5,5	Фермер	0,5	4
Красавица	2,5	5,5	Фрителла	0,5	3
контроль Приекульский Ранний				3	2

Заключение

При оценке устойчивости к фитофторозу коллекции картофеля ВИР отмечено, что в разные годы устойчивость части сортов колеблется в зависимости от особенностей популяции *Phytophthora infestans*. Большинство образцов характеризуется стабильным уровнем устойчивости, некоторые сорта (например, 'Невский') с течением времени теряют устойчивость. Среди образцов коллекций ВИР и ЛенНИИСХ выявлены сорта ('Валентина', 'Звездочка', 'Красавица', 'Русский Сувенир', 'Фиолетик' и др.), сочетающие высокую и умеренную устойчивость ботвы и клубней. Коллекция картофеля ВИР содержит сорта, обладающие рядом ценных признаков, которые характеризуются чувствительностью ботвы к фитофто-

розу. У некоторых из них найдена устойчивость клубней, что может обеспечить их сохранность в годы с сильным распространением болезни. Сорта с устойчивостью к фитофторозу клубней и/или ботвы могут быть использованы в дальнейшей селекции картофеля.

Данные исследования выполнены при частичной поддержке гранта Российского Научного Фонда (проект № 16-16 041125).

Часть работы, включающая полевую оценку устойчивости ботвы селекционных сортов, выполнена при поддержке гранта РНФ (проект № 16-16 041125); проведение опытов по устойчивости клубней – при Гос. поддержке (в рамках реализации Программы фундаментальных научных исследований государственных академий наук на 2013–2020 годы (Раздел IV «Растениеводство»).

References/Литература

- Bellon M. R. The dynamics of crop intraspecific diversity: a conceptual framework at the farmer level // *Economic Botany*, 1996, vol. 50 (1), pp. 26–39.
- Corsini D., Stark J., Thornton M. Factors contributing to the black spot bruise potential of Idaho potato fields // *Amer. J. Potato Res.*, 1999, vol. 76, pp. 221–226. DOI: org/10.1007/BF02853626
- Colon L. T., Budding D. J., Hoogendoorn J. Breeding for foliar resistance to *Phytophthora infestans* in potato: The influence of test conditions on the results of screening for field resistance // In: L. J. Dowley, E. Bannan, L. R. Cooke, T. Keane, E. O'Sullivan (Eds), *Phytophthora infestans*, 1995, Boole Press Ltd., Dublin, Ireland, pp. 282–288.
- Devaux A., Kromann P., Ortiz O. Potatoes for sustainable global food security // *Potato Res.*, 2014. DOI:10.1007/s11540-014-9265-1.
- Fry W. *Phytophthora infestans*: the plant (and R gene) destroyer // *Mol. Plant Pathol.*, 2008, vol. 9, no. 3, pp. 385–402. DOI: 10.1111/j.1364-3703.2007.00465.x
- Fry W. E., Goodwin S. B. Resurgence of the Irish potato famine fungus // *BioScience* 1997, vol. 47, no. 6, pp. 363–371.
- Fry W. E., Goodwin S. B., Dyer A. T., Matuszak J. M., Drenth A., Tooley P. W., Sujkowski L. S., Ko Y. J., Cohen B. A., Spielman L. J., Deahl K. L., Inglis D. A., Sandlan K. P. Historical and recent migrations of *Phytophthora infestans*: chronology, pathways, and implications // *Plant Disease*, 1993, vol. 77, no. 7, pp. 653–661.
- Forbes G. A. et al. Stability of resistance to *Phytophthora infestans* in potato: an international evaluation // *Plant Pathol.*, 2005, vol. 54, pp. 364–372.
- Hodgson W. Studies on the nature of partial resistance in the potato to *Phytophthora infestans* // *Amer. J. Potato Res.*, 1962, vol. 39, pp. 8–13.
- Knutson K. Studies on the nature of field resistance of the potato to late blight // *Amer. J. Potato Res.* 1962, vol. 39, pp. 152–162.
- Lando R. P., Mak S. Cambodian farmers' decision making in the choice of traditional rain fed lowland rice varieties // *IRRI Research Paper Series* 1994, pp. 154.
- Lapwood D. Laboratory assessments of the susceptibility of potato haulm to blight (*Phytophthora infestans*) // *European Potato Journal*, 1961, vol. 4, pp. 117–127.

- Mendoza H. A., Haynes F. L. Genetic basis of heterosis for yield in the autotetraploid potato // *European Potato Journal*, 1974, vol. 45, no. 1, pp. 21–25.
- Pieterse L., Hils U. World Catalogue of Potato Varieties 2009/10 // Agrimedia, 2009.
- Sieczka M. Assessment of potato for resistance to *Phytophthora infestans* under natural infection pressure. Monografie i rozprawy naukowe 10b/ 2001. IHAR, Radzikow, PL. 2001, pp. 78–80 [in Russian] М. Сечка. Оценка устойчивости картофеля к *Phytophthora infestans* в условиях естественного инфекционного фона. Монография i rozprawy naukowe 10b/ 2001. IHAR, Radzikow, PL. 2001, pp. 78–80.
- Vedenyapina E. G., Zoteyeva N. M., Patrikeyeva M. V. *Phytophthora infestans* in Leningrad Region: genes for virulence, mating types and oospore fitness. *Micologia i fitopatologia*, 2002, vol. 36, iss. 6, pp. 77–85 [in Russian] (Веденяпина Е. Г., Зотеева Н. М., Патрикеева М. В. *Phytophthora infestans* в Ленинградской области: гены вирулентности, типы совместимости и жизнеспособность ооспор // Микология и фитопатология, 2002. Т. 36. Вып. 6. С. 77–85).
- Wolfe D. W. "Contributions to Climate Change Solutions from the Agronomy Perspective." // *Handbook of Climate Change and Agroecosystems: Global and Regional Aspects and Implications*, 2013, no. 2, pp. 11.
- Young G. K., Cooke L. R., Kirk W. W., Tumbalam P., Perez F. M., Deahl K. L. Influence of competition and host plant resistance on selection in *Phytophthora infestans* populations in Michigan, USA and in Northern Ireland // *Plant Pathology*, 2009, 58: 703–714. DOI: 10.1111/j.1365-3059.2009.02043.x.
- Zoteyeva N., Zimnoch-Guzowska E. New method of the assessment of the potato tuber resistance to late blight // *Micologia i fitopatologia*, vol. 38, no. 1, 2004, pp. 89–93 [in Russian] (Зотеева Н., Зимнох-Гузовска Е. Новый метод оценки устойчивости клубней картофеля к фитофторозу // Микология и фитопатология. 2004. Т. 38. № 1. С. 89–93).
- Zoteyeva N. M., Patrikeyeva M. V. Phenotypic characteristics of North-West Russian populations of *Phytophthora infestans* (2003–2008) // PRO-Special report no. 14. December 2010 / Ed. H.T.A.M. Schepers. Wageningen, NL. pp. 213–216.