

<https://doi.org/10.18619/2072-9146-2020-6-112-115>
УДК 635.64:632.444.2

И.Ю. Кондратьева,
Л.К. Гуркина

Федеральное государственное бюджетное научное учреждение "Федеральный научный центр овощеводства" (ФГБНУ ФНЦО)
143072, Россия, Московская область, Одинцовский район, п. ВНИИССОК, ул. Селекционная, д.14
vniissok@mail.ru

Конфликт интересов: авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Для цитирования: Кондратьева И.Ю., Гуркина Л.К. Факторы, определяющие развитие *Phytophthora infestans* на томате в открытом грунте. *Овощи России*. 2020;(6):112-115.
<https://doi.org/10.18619/2072-9146-2020-6-112-115>

Поступила в редакцию: 23.09.2020

Принята к печати: 15.11.2020

Опубликована: 20.12.2020

Irina Yu. Kondratyeva,
Lyubov K. Gurkina

Federal State Budgetary Scientific Institution
Federal Scientific Vegetable Center (FSBSI FSVC)
14, Selektsionnaya str., VNISSOK, Odintsovo district, Moscow region, Russia, 143072
vniissok@mail.ru

Conflict of interest. The authors declare no conflict of interest.

For citations: Kondratyeva I.Yu., Gurkina L.K. Factors determining affecting the development of *Phytophthora infestans* on a tomato in the open ground. *Vegetable crops of Russia*. 2020;(6):112-115. (In Russ.) <https://doi.org/10.18619/2072-9146-2020-6-112-115>

Received: 23.09.2020

Accepted for publication: 15.11.2020

Accepted: 20.12.2020

Факторы, определяющие развитие *Phytophthora infestans* на томате в ОТКРЫТОМ грунте



Резюме

Актуальность и методика исследований. Для Нечерноземной зоны основным фактором для активного развития фитофтороза является низкая температура воздуха и резкие колебания ее в течение суток, способствующие образованию повышенной влажности воздуха и капельно-жидкой влаги на растениях. В Подмоскovie возбудитель фитофтороза проявляется практически ежегодно. Популяции *Phytophthora infestans* представлены расами То и Т1. Эпифитотийное развитие наблюдалось периодически (1977-1979, 1982, 1986, 1996-1999, 2000, 2001, 2003-2004, 2008-2009, 2013, 2014, 2015, 2016, 2017, 2019 годы) и обеспечивалось вирулентной расой Т1. Наблюдения показали, что эпифитотийные ситуации возникали в те годы, когда минимальная температура воздуха была ниже средних многолетних значений, а относительная влажность и осадки превышали их. При отклонении от нормы в сторону повышения температуры, уменьшения количества осадков и относительно низкой влажности воздуха наблюдались годы с депрессивным (1992, 1994 годы) или умеренным развитием болезни (1980, 1981, 1983, 1985, 1987-1991, 2002, 2005-2007, 2010-2012, 2018). **Результаты.** В результате селекционной работы получен толерантный к фитофторозу сорт томата Грот, на основе которого получены сорта с высокой устойчивостью Гранд, Дубок, Гном, Челнок, Патрис, Гей, Золушка, Перст, Северянка, Благодатный. В генколлекции ВИР им. Н.И. Вавилова в качестве источников устойчивости к возбудителям листовых пятнистостей зарегистрированы: Гей (вр.к.14839), Славянка (вр.к.14840), Патрис (вр.к.14841), Россиянка (вр.к. 14842), Крепыш (вр.к. 14843), Сибирячка (вр.к.14844) и линия 1079-94 (вр.к. 14845). Полученные нами доноры кроме высокой устойчивости к фитофторозу имеют прекрасные хозяйственные характеристики.

Ключевые слова: томат, фитофтороз, устойчивость, восприимчивость, доноры устойчивости

Factors affecting the development of *Phytophthora infestans* on a tomato in the open ground

Abstract

Relevance and methods. For the Non-chernozem zone, the main factor for the active development of late blight is the low air temperature and its sharp fluctuations during the day, contributing to the formation of increased air humidity and drip-liquid moisture on the plants.

In the Moscow region, the causative agent of late blight is manifested almost annually. Populations of *Phytophthora infestans* are represented by the To and T1 races. Epiphytotic development was observed periodically (1977-1979, 1982, 1986, 1996-1999, 2000, 2001, 2003-2004, 2008-2009, 2013, 2014, 2015, 2016, 2017, 2019) and was provided by the virulent T1 race. Observations showed that epiphytotic situations arose in those years when the minimum air temperature was below long-term average values, and relative humidity and precipitation exceeded them. With a deviation from the norm in the direction of increasing temperature, decreasing rainfall and relatively low humidity, years were observed with a depressive (1992, 1994) or moderate development of the disease (1980, 1981, 1983, 1985, 1987-1991, 2002, 2005-2007, 2010-2012, 2018).

Results. As a result of breeding work, a Grot tomato-tolerant tomato variety was obtained, on the basis of which varieties with high resistance Grand, Dubok, Gnom, Chelnok, Patris, Geya, Zolushka, Perst, Severyanka, Blagodatny were obtained. In the general collection of VIR as a source resistance to leaf spot pathogens were registered: Geya (v.k. 14839), Slavyanka (v.k. 14840), Patrice (v.k. 14841), Rossiyanka (v.k. 14842), Krepysh (v.k. 14843), Sibiryachka (v.k. 14444) and line 1079-94 (v.k. 14845) donors, in addition to their high resistance to late blight, have excellent economic characteristics.

Keywords: tomato, late blight, resistance, susceptibility, resistance donors

Эволюционно обусловленная взаимосвязь устойчивости к патогенам и абиотическим стрессорам определяет стратегию селекции растений на устойчивость. Она должна строиться с учетом повышения общей адаптивности организма и включать требования к экологической нише возделывания сорта. Для культуры томата, особенно возделываемого в открытом грунте Нечерноземной зоны России, фитофтороз – основное заболевание, приводящее к гибели 90% урожая в эпифитотийные годы. Для снижения потерь и получения гарантированной продукции есть два способа: создание ультраскороспелых сортов, успевающих отдать урожай до развития фитофтороза на растениях; создание сортов томата с высоким уровнем устойчивости к поражению фитофторозом.

Гриб *Phytophthora infestans* – наиболее вредоносный возбудитель болезни томата почти в 100 странах мира [12,13]. В связи с его высокой вредоносностью, экологической опасностью и зачастую неэффективностью применения химических средств защиты растений приоритетным направлением является поиск источников устойчивости к этой болезни среди растений рода *Lycopersicon* Tournef., от наличия которых зависит эффективность селекции.

Одной из проблем селекции томата на устойчивость к фитофторозу, является отсутствие доноров с широким спектром и высоким уровнем устойчивости. Малочисленность доноров устойчивости приводит к необходимости изучения генетической природы устойчивости, идентификации генов у образцов, определении характера их наследования и взаимодействия.

Расовый состав *Ph. infestans* на томате изучали в условиях Подмосковья в течение 1977-2019 годов. У сортов томата обнаружено 2 гена устойчивости. Установлено, что раса То заражает сорта томата без Ph1 гена, раса Т1 заражает сорта с геном Ph1 [7,8]. Вертикальная устойчивость мало зависит от условий окружающей среды и может измениться в результате изменения генома патогена или растения-хозяина. Вертикальная устойчивость обеспечивает полную невосприимчивость к отдельным расам патогена, тогда как горизонтальная – неполную устойчивость, но зато ко всем расам. Горизонтальная или полигенная устойчивость в отличие от вертикальной контролируется многими генами. Многие исследователи полагают, что такой тип устойчивости возник в процессе сопряженной эволюции в системе «хозяин – патоген» и возник раньше вертикального. Полигенная устойчивость, переданная от *L. hirsutum*, контролируется тремя локусами 1b 4, 1b 5b и 1b 11b [6, 9, 10, 11].

Степень устойчивости к фитофторозу зависит от возрастано-физиологического состояния, как отдельных органов, так и растения в целом. На расы То и Т1 дифференциально реагируют только листья. Плоды не обнаруживают такой реакции и не используются для идентификации рас. Это относится ко всем существующим ныне шкалам дифференциаторов. В нашей стране наиболее широко использовался так называемый канадский набор тест-растений. Существуют и другие наборы [6, 1]. В лаборатории иммунитета ВНИИССОК (ФНЦО) апробирован сокращенный набор дифференциаторов, при использовании которого был предложен экспресс-метод определения состава, динамики рас популяции фитофтороза томата [2]. На основании многолетних исследований установлено, что в возникновении и развитии эпифитотий фитофтороза участвуют многие факторы, взаимодействующие между собой. За счет скороспелости можно уйти от поражения фитофторой, а при детерминантном, карликовом и малооблиственном типе растений, уменьшить количество накопленного инфекционного материала за счет хорошей

проветриваемости и быстрого высушивания вегетативной массы растения.

Материал и методы исследования

Работа выполнена в лаборатории селекции и семеноводства пасленовых культур ФГБНУ ФНЦО (ВНИИССОК). Растения выращивали в открытом грунте на экспериментальных полях. Агротехника стандартная для культуры томата [5]. Посев на рассаду – в третьей декаде апреля. Высадка в открытый грунт – в первой декаде июня. Схема посадки двухстрочная 70х50х35 см. Статистическая обработка опытных данных проведена по Доспехову [3] и с использованием статистической программы Excel. В работе мы использовали международный тест-сортимент сортов-дифференциаторов доктора Шика [5], модифицированный во ВНИИССОК. Расовую принадлежность определяли по реакции сортов-дифференциаторов: устойчивость к расе То – Оттава-30, восприимчивость – Талалихин 186.

За годы исследований было испытано на устойчивость к фитофторозу (горизонтальную и вертикальную) свыше 7 тысяч образцов томата, в том числе разновидности дикого и полукультурного томата, сорта и гибриды отечественной и зарубежной селекции. Для оценки генофонда томата по признаку устойчивости к фитофторозу были использованы методы инфицирования растений смесью и отдельными расами фитофторы. С этой целью ежегодно в пленочные теплицы высаживали двойной комплект гибридов, родительских форм, дифференциаторов и стандарт для изучения наследования признака устойчивости к расам То и Т1 фитофторы на фоне искусственного заражения. Предварительную оценку растений проводили в фазу 5-6 настоящих листьев, затем в фазу массового плодоношения после повторного искусственного заражения. Заражение растений смесью рас фитофторы То и Т1 создает очень жесткий фон отбора.

Результаты исследований

Поиск источников устойчивости к фитофторозу среди рода *Lycopersicon* Tournef. остается приоритетным направлением в связи с высокой вредоносностью данного возбудителя в больших масштабах, экологической опасностью и неэффективностью применения химических средств защиты. Практически, форм, обладающих полной устойчивостью при искусственном заражении, не было обнаружено. Относительно устойчивыми к фитофторозу, и рекомендуемыми нами для селекционного использования являются образцы томата коллекции ВНИИ растениеводства им. Н.И. Вавилова: смородиновидные и вишневидные (К-1001, 2449, 3080, 6868), Гумбольты (К-352-2), Вест-Вирджиния 36, 700, 63 (К-3344, К-3334, К-3345), Оттава 30 (вр. К-7212). Устойчивость к расе То они передают как независимый доминантный ген.

На основании многолетних исследований нами установлено, что большинство образцов (86,2%) оказались восприимчивыми, и только 13,8% от числа изученных показали высокий уровень горизонтальной устойчивости к болезни. Ежегодная выбраковка восприимчивых фенотипов на провокационном фоне и жесткий отбор только суперэлитных устойчивых растений на естественном фоне в период уборки, позволили поддерживать определенный уровень горизонтальной устойчивости к фитофторозу, особенно у тех образцов томата, которые имеют в своем генотипе гены Ph1 и Phf устойчивости.

Наиболее эффективным методом оценки генофонда и отбора устойчивых и толерантных генотипов является инфицирование растений отдельными расами (табл. 1).

В созданных селекционных формах томата при исследовании признака устойчивости к фитофторозу преобладающими были гетерозисные гибриды, с доминировани-

Таблица 1. Эффективность отбора растений томата по признаку фитофтороустойчивости при различных способах искусственного инфицирования

Table 1. Efficiency of selection of tomato plants on the basis of resistance to *Phytophthora infestans* with various methods of artificial infection

Процент развития болезни	Способ инфицирования растений					
	смесь рас То и Т1		раса То		раса Т1	
	число растений, шт.	процент от общего числа	число растений, шт.	процент от общего числа	число растений, шт.	процент от общего числа
0,1-25,0	105	0,3	2554	37,2	1675	28,7
25,1-37,5	1545	3,8	1596	23,3	1070	18,4
37,6-50,0	9590	23,8	1537	22,4	1344	23,0
50,1-75,0	14120	35,0	1008	14,7	1275	21,9
75,1-100,0	14953	37,1	155	2,4	463	8,0
Всего	40313	100,0	6850	100,0	5827	100,0

ем по устойчивости или с промежуточным наследованием, что указывает на доминантный характер генетического контроля признака. Результатом наших многолетних исследований стало создание ряда устойчивых к холоду сортов и гибридов томата для открытого грунта Нечерноземной зоны, обладающих толерантностью к *Phytophthora infestans*. Полученный сорт томата Грот отличается повышенной устойчивостью к фитофторозу, превосходит по данному признаку в 2 раза сорт Грунтовый Грибовский 1180, в 2,7 раза восприимчивый контроль – сорт Талалихин 186 и незначительно уступает дифференциатору устойчивости – Оттава 30. На основе этого сорта созданы высокоустойчивые сорта Гранд, Патрис. При заражении 46 изолятами фитофторы, собранными в разных уголках земного шара, наши сорта оказались выносливыми к разным расам фитофторы. На основе выделенных устойчивых линий созданы сорта томата: Гранд, Дубок, Гном, Челнок, Патрис, Гей, Золушка, Перст, Северянка, Благодатный.

Перспективным в селекции томата, особенно для северных регионов и неблагоприятных по погодным условиям, считается явление «ухода» скороспелых сортов от поражения фитофторозом. Созданные нами сорта томата

относятся к различным группам скороспелости, обладают относительной устойчивостью к фитофторозу, ценными хозяйственными характеристиками и могут служить источниками устойчивости для селекции новых сортов с заданными параметрами сорта.

В северных и центральных регионах России не поражаются только те плоды томата, которые успевают созреть до появления болезни. С появлением инфекции возбудителя заражаются и гибнут все незрелые плоды. Для толерантных образцов этот период несколько увеличен, восприимчивые поражаются в течение суток. Особый интерес, кроме образцов проявивших высокую устойчивость к фитофторозу, представляет группа образцов средневосприимчивых к поражению фитофторозом. В данной группе есть образцы с ценными хозяйственными качествами, обладающие различной поражаемостью фитофторозом вегетативной массы и непосредственно самих плодов. Причем поражение плодов наступает на несколько суток позже поражения вегетативной массы. И чем больше промежуток во времени между поражением вегетативной массы и плодов, тем ценнее образец.

На современном этапе, наряду с хозяйственными признаками, большое внимание уделяется экологической

Таблица 2. Степень поражения томата в открытом грунте *Phytophthora infestans*, селекционных образцов томата с различным типом куста
Table 2. The degree of tomato infestation in the open ground of *Phytophthora infestans*, selection samples of tomato with different types of plants

Тип куста	Балл поражения							
	0-1		1-2		2-3		3-4	
	Количество образцов	%	Количество образцов	%	Количество образцов	%	Количество образцов	%
Обыкновенный куст	49	48,5	13	12,9	21	20,79	14	13,8
Штамбовый куст	52	51,5	22	21,8	25	24,75	8	8,4
Всего образцов	202	50		17,3		27,3		10,3

приспособленности новых сортов томата к непредсказуемому климату средней полосы России и их устойчивости к наиболее распространенным заболеваниям. Чем короче безморозный период, тем больший интерес представляют холодостойкие и раннеспелые сорта томата, способные быстро расти, интенсивно накапливать питательные вещества, рано формировать жизнеспособное потомство и ускорять созревание. Поэтому проблема создания раннеспелых, дружносозревающих сортов томата, обладающих высокой продуктивностью и устойчивостью к наиболее распространенным и вредоносным заболеваниям, не теряет своей актуальности.

Установлено, что повышенной устойчивостью к фитофторе обладают линии томата со штамбовым и полустамбовым типом куста, как и отмечалось в предыдущие годы. Обусловлено это морфологией и архитектоникой строения куста штамбовых форм. В таблице 2 представлены результаты оценки изученного материала на устойчивость к фитофторозу в 2019 году.

Сильное поражение (4-5 баллов) отмечено у коллекционных образцов в основном южной селекции. Из селекционного материала слабовосприимчивыми, с баллом поражения до 1 было 50% образцов (среди них 51,5% – штамбовые формы и 48,5% – с обыкновенным типом куста). Представляет интерес группа образцов с баллом

поражения 2 (17,3%). Из всего просмотренного селекционного материала лаборатории 67,3% образцов имели толерантность (до 2-х баллов) к фитофторозу. В том числе 73,3% имели штамбовый куст и 61,4% – обыкновенный куст.

Холодное лето и малое количество солнечных дней повлияло на биохимический состав плодов. Из изученных перспективных селекционных линий томата, отличающихся высокой лежкостью и товарностью плодов после хранения до 3-х недель, выделено 64 линии с содержанием сухого вещества от 6,0%.

Заключение

В последние годы в лаборатории селекции и семеноводства пасленовых культур ФГБНУ ФНЦО (ВНИИССОК) создано 23 сорта томата со слабой восприимчивостью к фитофторозу. Для любительского овощеводства рекомендованы штамбовые раннеспелые сорта, отличающиеся по форме, массе и окраске плода: Евгения, Реванш, Шарм, Щелкунчик, Восход ВНИИССОКа, Благодатный, Северянка; раннеспелые сорта обыкновенного типа: Золушка, Тотошка, Светлячок, Лотос, Росинка, Долгоносик; среднеранние сорта Носик, Августин, Чародей, Талисман и Снегурочка, имеющие плоды различной формы, массы и окраски.

Об авторах:

Ирина Юрьевна Кондратьева – кандидат с.-х. наук, ведущий научный сотрудник

Любовь Кирилловна Гуркина – старший научный сотрудник, кандидат с.-х. наук, <https://orcid.org/0000-0002-8384-2857>

About the authors:

Irina Yu Kondratyeva – Leading Researcher, Cand. Sci. (Agriculture)

Lyubov K. Gurkina – Senior Researcher, Cand. Sci. (Agriculture), <https://orcid.org/0000-0002-8384-2857>

• Литература

1. Балашова Н.Н. Фитофтороустойчивость рода *Lycopersicon* Tourn. Методы использования ее в селекции томата. Кишинев, «Штиинца», 1979. 168 с.
2. Гуркина Л.К. Исходный материал для селекции томата на устойчивость к фитофторозу и другим листовым пятнистостям в условиях Нечерноземной зоны России. Диссертация в виде научного доклада. М., 1998. С.1-33.
3. Доспехов Б.А. Методика полевого опыта. М., 1979. 414 с.
4. Дьяков Ю.Т. Молекулярно-генетические основы взаимоотношений растений с грибными и бактериальными инфекциями. Успехи современной генетики. 1994;(19):25-48.
5. Методические указания по селекции сортов и гибридов томата для открытого и защищенного грунта. Под редакцией Алпатьева А.В. М., 1986.
6. Суханова Р.С. Расы фитофторы и методы оценки устойчивости к ним сортов и гибридов томатов. Автореф. канд.дис. М., 1971. С.1-24.
7. Gallegly M.E. Inheritance of resistance to tomato race C of *Phytophthora infestans*. – *Phytopathology*. 1955;(45):103-109.
8. Goodwin S.B., L.S. Sujkowski, Fry W.E. Rapid evolution of pathogenicity within clonal lineage of the potato late blight disease fungus. *Phytopathology*. 1995;(85): 669-676.
9. Wilson Y.B., Gallegly M.E. The interrelationship of potato and tomato races of *Phytophthora infestans*. *Phytopathology*. 1955;(45):473-476.
10. Eggert D. Zum Vorkommen von Tomatenrassen des Pilzes *Phytophthora infestans* in Gebit der Deutschen Demokratischen Republick. *Archiv Pflanzenschutz*. 1969;5(6):213-222.
11. Brower D.J., St Clair D.A. Fine mapping of three quantitative trait loci for late blight resistance in tomato using near isogenic lines (NILs) and sub- NILs. *Theor. Appl.Genet.* 2004;108(2):190-196.
12. Фитопатологическая и молекулярная характеристика изолятов *Phytophthora infestans*, собранных с устойчивых и восприимчивых генотипов картофеля. *Микология и фитопатология*. 2016;(3):175-184.
13. Левитин М.М. Современные видовые названия фитопатогенных грибов. *Защита и карантин растений*. 2018;(38):8-11.

• References

1. Balashova N.N. The late blight resistance of the genus *Lycopersicon* Tourn. Methods of using it in the selection of tomato. *Chisinau, "Stiintea"*, 1979. 168 p. (In Russ.)
2. Gurkina L.K. The source material for the selection of tomato for resistance to late blight and other leaf spots in the conditions of the non-chernozem zone of Russia. Thesis in the form of a scientific report. M., 1998. P.1-33. (In Russ.)
3. Dospekhov B.A. The methodology of the field experiment. M., 1979. 414 p. (In Russ.)
4. Dyakov Yu.T. molecular genetic basis of the relationship of plants with fungal and bacterial infections. *Successes of modern genetics*. 1994;(19):25-48. (In Russ.)
5. Guidelines for the selection of tomato varieties and hybrids for open and protected soil. - Edited by A.V. Alpatyev. M., 1986. (In Russ.)
6. Sukhanova R.S. *Phytophthora* races and methods for assessing the resistance of tomato varieties and hybrids to them. Abstract. Cand. M., 1971. P.1-24. (In Russ.)
7. Gallegly M.E. Inheritance of resistance to tomato race C of *Phytophthora infestans*. – *Phytopathology*. 1955;(45):103-109.
8. Goodwin S.B., L.S. Sujkowski, Fry W.E. Rapid evolution of pathogenicity within clonal lineage of the potato late blight disease fungus. *Phytopathology*. 1995;(85): 669-676.
9. Wilson Y.B., Gallegly M.E. The interrelationship of potato and tomato races of *Phytophthora infestans*. *Phytopathology*. 1955;(45):473-476.
10. Eggert D. Zum Vorkommen von Tomatenrassen des Pilzes *Phytophthora infestans* in Gebit der Deutschen Demokratischen Republick. *Archiv Pflanzenschutz*. 1969;5(6):213-222.
11. Brower D.J., St Clair D.A. Fine mapping of three quantitative trait loci for late blight resistance in tomato using near isogenic lines (NILs) and sub- NILs. *Theor. Appl.Genet.* 2004;108(2):190-196.
12. Phytopathological and molecular characterization of *Phytophthora infestans* isolates collected from resistant and susceptible potato genotypes. *Mycology and phytopathology*. 2016;(3):175-184. (In Russ.)
13. Levitin M.M. Modern species names of phytopathogenic fungi. *Plant protection and quarantine*. 2018;(38):8-11. (In Russ.)