

DOI:
10.30901/2227-8834-2018-2-151-158
УДК 631.527:575.222

**З. З. Евдокимова,
М. В. Калашник**

ФГБНУ «Ленинградский НИИСХ
«Белогорка»
188338, Россия, Ленинградская
область, Гатчинский район, д. Бе-
логорка, ул. Институтская, д. 1,
e-mail: lenniish@mail.ru

Ключевые слова:

картофель, фитофтороз,
устойчивость, продуктив-
ность, агрономические каче-
ства.

Поступление:

15.03.2018

Принято:

21.05.2018

ОРИГИНАЛЬНАЯ СТАТЬЯ

**УСТОЙЧИВОСТЬ ГИБРИДОВ КАРТОФЕЛЯ ВТОРОГО
КЛУБНЕВОГО ПОКОЛЕНИЯ К ПОЛЕВОЙ ПОПУЛЯЦИИ
PHYTOPHTORA INFESTANS (MONT.) DE BARY
И ВЫДЕЛЕНИЕ ХОЗЯЙСТВЕННО ЦЕННЫХ КЛОНОВ**

В условиях естественного инфекционного фона при эпифитотийном разви-
тии фитофтороза в 2016, 2017 гг. проведен анализ межвидовых гибридов
различного происхождения по признаку полевой устойчивости ботвы и
клубней. Оценено потомство второго клубневого поколения по продуктив-
ности и качеству клубней. Наибольшее количество высокоустойчивых к
фитофторозу генотипов выделено и отобрано в потомстве популяций: Сви-
танак Киевский × 96133/16, 9451/9 × 94110/8, 943/6 × Gitte, 9685/1 × 943/9,
Сударыня × 9674/38, Чародей × 943/9, Скарб × 94155/1, Чародей ×
91102/12, а также в потомстве от самоопыления сортов 'Удача', 'Чародей',
'Браво', 'Амур', 'Вектар', 'Кортни', 'Янка', 'Журавинка', 'Фрителла', 'Реал',
'Матушка', 'Ирбитский'; образцов К-22890, 28-06, 85-06.

Анализ устойчивости к фитофторозу на ранних этапах селекционного про-
цесса повышает информативность и дает возможность выделять перспек-
тивные образцы с различным уровнем полевой устойчивости и комплек-
сом хозяйственно ценных признаков. В результате исследований выде-
лены генотипы с повышенной продуктивностью и хорошими столовыми
качествами клубней на фоне высокой и средней степени устойчивости к
патогену. Оригинальный гибридный материал будет использован в каче-
стве исходных форм в селекции на полевую устойчивость к фитофторозу.
Селекционную работу с данными образцами планируется продолжать и
совершенствовать в части устойчивости к другим заболеваниям и стрес-
совым факторам среды.

DOI:
10.30901/2227-8834-2018-2-151-158

ORIGINAL ARTICLE

**Z. Z. Evdokimova,
M. V. Kalashnik**

Leningrad Research Institute
of Agriculture "Belogorka",
1, Institutskaya St., Belogorka,
Gatchina District, Leningrad
Province, 188338, Russia,
e-mail: lenniish@mail.ru

Key words:

*potato, late blight, resistance,
yield, agronomic quality.*

Received:

15.03.2018

Accepted:

21.05.2018

RESISTANCE OF POTATO HYBRIDS FROM THE SECOND TUBER GENERATION TO THE LOCAL POPULATION OF *PHYTOPHTHORA INFESTANS* (MONT.) DE BARY AND SELECTION OF ADVANCED CLONES

Interspecific potato hybrids of various origins were analysed in the field under a strong *Phytophthora infestans* (Mont.) de Bary invasion in the epidemic 2016 and 2017 seasons for foliar and tuber resistance to late blight. Clones of the second generation were assessed for their productivity and tuber quality. Genotypes with the highest resistance to late blight were selected within the populations derived from the following cross combinations: 'Svitanok Kievsky' × 96133/16, 9451/9 × 94110/8, 943/6 × 'Gitte', 9685/1 × 943/9, 'Sudarynya' × 9674/38, 'Charodey' × 943/9, 'Skarb' × 94155/1, 'Charodey' × 91102/12 as well as in the progeny obtained after self-pollination of the varieties: 'Udacha', 'Charodey', 'Bravo', 'Amur', 'Vektar', 'Cortney', 'Yanka', 'Zhuravinka', 'Frittella', 'Real', 'Matushka', 'Irbitsky', and accessions K-22890, 28-06 and 85-06. Analysis of late blight resistance at early stages of the breeding process increases informativity and helps to identify promising accessions with different field resistance levels and a set of economically valuable traits. As a result of this research, genotypes with increased productivity and good table quality of tubers were selected among the material possessing high and medium resistance to the pathogen. Original hybrids will be used as source material in the breeding programs targeted at the development of cultivars with field resistance to late blight. There are plans to continue and improve breeding work with such accessions in the context of their resistance to other diseases and environmental stress factors.

Введение

Селекционная работа по картофелю в ФГБНУ «Ленинградский НИИСХ «Белогорка» направлена на увеличение потенциала урожайности и качества клубней, разработку стратегии борьбы с биотическими стрессами, выведение сортов, адаптированных к разнообразным почвенно-климатическим условиям.

Большие потери урожая вызывают различные болезни, которым подвержены многие сорта картофеля. Среди них, одной из наиболее вредоносных, является фитофтороз, вызываемый оомицетом *Phytophthora infestans* (Mont.) de Bary. У *Ph. infestans* найдены два типа совместимости (A1 и A2), которые обеспечивают половое воспроизводство патогена (Deahl et al. 1991, Sujkowski 1994, Inglis et al. 1996). В результате, в течение одного полевого сезона, при достаточном количестве инокулюма, появляются новые, более сложные по составу генов вирулентности, штаммы (Cooke et al. 2012; Fry, 2008). Широкий спектр генов вирулентности идентифицирован в разные годы в изолятах, выделенных из популяций *Ph. infestans*, распространенных в Ленинградской области (Zoteyeva, Patrikeeva, 2011). Сильное распространение инфекции в годы, благоприятствующие ее развитию, требует проведения большого числа химических обработок (Schwinn, Margot, 1991). Химические обработки ведут к большим финансовым затратам и отрицательно влияют на качество потребляемого продукта. Лучшим решением проблемы защиты окружающей среды и здоровья потребителей остается выведение устойчивых сортов, выращивание которых позволяет существенно сократить число химических обработок (Douches et al., 2005).

Устойчивость картофеля к фитофторозу, который представляет наибольшую угрозу на Северо-Западе РФ ввиду высокой генетической изменчивости возбудителя, ведущей к формированию новых высокоагрессивных штаммов, является актуальной задачей. В связи с этим возрас-

тает роль сортов с высокой степенью полевой устойчивости, которые могут противостоять постоянно варьирующей агрессивности патогена.

Эффективность селекционной работы при создании скороспелых, высокопродуктивных сортов картофеля, устойчивых или слабовосприимчивых к фитофторозу, в значительной степени зависит от наличия исходного материала для гибридизации. В практической работе мы используем лучшие, ранее отработанные комбинации, с высоким уровнем проявления требуемых признаков в потомстве. Трудности при создании скороспелых гибридов, устойчивых к фитофторозу, заключаются в отрицательной корреляционной связи между данными признаками. Многолетние целенаправленные исследования и отборы фитофтороустойчивых генотипов в годы эпифитотий болезни среди различных по происхождению межвидовых гибридов позволили выделить хозяйственно ценные скороспелые сортообразцы со слабой восприимчивостью к фитофторозу ботвы и высокой устойчивостью клубней.

Цель данной работы – изучить оригинальный гибридный материал из питомника второго клубневого поколения по устойчивости к полевой популяции *Ph. infestans* и выделить высокопродуктивные, с хорошим качеством клубней образцы, устойчивые или слабовосприимчивые к фитофторозу.

Материал и методика исследований

Материалом для исследований послужили межвидовые гибриды, выведенные с участием видов: *Solanum demissum* Lindl., *S. stoloniferum* Schltld. et Bouche, *S. vernei* Bitt. et Wittm. ex Engl., *S. tuberosum* L. subsp. *andigenum* (Yuz. & Bukasov) Hawkes, а также образцы, полученные от самоопыления фитофтороустойчивых сортов. Оценку гибридного материала к фитофторозу ботвы проводили в полевых условиях на естественном инфекционном фоне в 2016, 2017 гг. при раннем эпифитотийном развитии болезни. Анализ клубней осуществлялся

в лабораторных условиях в соответствии с Методическими указаниями по оценке селекционного материала картофеля на устойчивость к фитофторозу, ризоктониозу, бактериальным болезням и механическим повреждениям (Shnejder, et al., 1980). Закладку опытов, учет урожая, содержание сухого вещества, в том числе крахмала в клубнях, столовые качества, проводили согласно Методики исследований по технологии селекционного процесса картофеля (Simakov et al., 2006). Степень устойчивости ботвы и клубней к фитофторозу определена по Международному классификатору СЭВ (Bukasov et al., 1984):

- 1–2 балла – очень низкая устойчивость;
- 3–4 балла – низкая устойчивость;
- 5–6 баллов – средняя устойчивость;
- 7–8 баллов – высокая устойчивость;
- 9 баллов – очень высокая устойчивость.

Результаты исследований и обсуждение

Поиск источников устойчивости к возбудителю *Ph. infestans* ежегодно проводится в коллекционном питомнике и питомнике исходного материала, включающего от 250 до 400 образцов. В данной работе оценка на устойчивость к местной популяции *Ph. infestans* проведена на оригинальном гибридном материале из питомника второго клубневого поколения с тем, чтобы на более ранних этапах отобрать и дифференцировать генотипы по направлению их использования в дальнейшей работе. В 2016 г. изучали 194 гибридных образца, в 2017 г. – 140 гибридов различного происхождения. Нами представлены данные распределения гибридного материала по устойчивости ботвы и клубней к полевой популяции патогена (рисунок).

Полученные результаты свидетельствуют о сильном поражении гибридов в 2016 г. ко времени уборки (10 – 15 августа), когда устойчивых образцов не выделилось, количество среднеустойчивых было незначительным (3,0%), а слабовосприимчивых оказалось 12,0%. У подавляющего большинства изучаемых образцов (85,0%) вегетативная масса полностью погибла от поражения фитофторозом. Среднеустойчивые гибриды выделены в комбинациях: 9451/9 × 94110/8, 943/6 × Gitte, Чародей × 943/9, 9685/1 × 943/9, а также в потомствах сортов ‘Журавинка’, ‘Удача’, ‘Браво’, ‘Реал’, ‘Амур’ и гибридов 28-06, К-22890. По данным анализа устойчивости клубней в 2016 г. получены хорошие результаты: 67,0% образцов были высокоустойчивыми (9–8 баллов), 21,0% оказались среднеустойчивыми (7–6 баллов), слабовосприимчивых выделено 11,0% и восприимчивых лишь 5,0%.

В условиях эпифитотии фитофтороза в 2017 г. вегетативная масса исследуемых образцов картофеля характеризовалась следующим образом: 47% – высокоустойчивые, 32% – среднеустойчивые, 11% – слабовосприимчивые и 10% – восприимчивые (рисунок). Оценка устойчивости клубней к фитофторозу исследуемых генотипов в 2017 г. показала, что подавляющее большинство гибридов (69%) имели незначительные симптомы болезни (9–8 баллов) и 28% оценены баллами 6 и 7. Восприимчивых образцов среди изучаемых гибридов не выявлено. Наибольший интерес в практической селекционной работе представляют гибриды, с устойчивостью к фитофторозу ботвы и клубней, которые выделены в комбинациях Скарб × 94155/1 и Сударыня × 9674/38, а также в потомствах от самоопыления сортов ‘Чародей’, ‘Кортни’, ‘Янка’, ‘Вектар’ и гибрида 85-06.

Устойчивость ботвы к фитофторозу, % (2016 г.)



Устойчивость клубней к фитофторозу, % (2016 г.)



Устойчивость ботвы к фитофторозу, % (2017 г.)



Устойчивость клубней к фитофторозу, % (2017 г.)

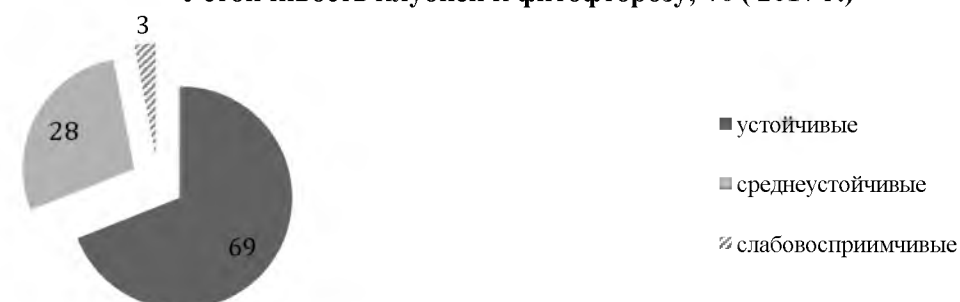


Рисунок. Распределение межвидовых гибридов картофеля (второе клубневое поколение) по устойчивости ботвы и клубней к полевой популяции *Phytophthora infestans*; 2016, 2017 гг.

Figure. Distribution of interspecific potato hybrids (second generation of tubers) according to their foliar and tuber field resistance to *Phytophthora infestans*; 2016, 2017

Успехи селекции в направлении фитофтороустойчивости базируются на отборе генотипов, сочетающих полевую устойчивость к возбудителю фитофтороза с комплексом хозяйственно ценных признаков. В своей работе мы используем фитофтороустойчивые сорта, а также гибриды, созданные с участием нескольких видов, у которых при самоопылении выделяются устойчивые об-

разцы. При таком подходе можно значительно сократить сроки создания новых сортов, повысить устойчивость и продуктивность, что в конечном итоге определяет результативность отбора. Данные по оценке образцов картофеля второго клубневого поколения, обладающих наряду с устойчивостью к фитофторозу ботвы и клубней повышенной продуктивностью и хорошим качеством клубней, представлены в таблице.

Таблица. Оценка продуктивности и качества клубней гибридов картофеля, устойчивых к фитофторозу по ботве и клубням, 2017 г.

Table. Evaluation of potato hybrids with foliar and tuber resistance to late blight for their productivity and tuber quality, 2017

Селекционный номер	Устойчивость к фитофторозу (балл 1-9)		Продуктивность товарных клубней и ее элементы			Качество клубней		
	ботвы на 15.08	клубней	г/куст	средняя масса 1 товарн. клубня, г	товарность %	Содержание крахмала, %	содержание сухого вещества, %	вкус (балл 9–3)
113/3	7	8	600	73	92	11,2	17,0	7,0
113/4	7	9	580	80	88	13,8	19,6	6,0
713/7	6	8	780	81	83	9,0	14,8	6,0
1113/5	6	8	750	92	99	7,6	13,4	6,0
114/4	6	8	700	108	95	8,1	13,8	6,5
114/6	7	8	640	91	94	10,5	16,2	6,5
114/11	5	9	660	115	92	12,7	18,4	7,0
714/3	8	9	710	80	78	10,2	16,0	6,5
814/1	7	8	710	85	94	10,0	15,7	6,0
914/1	7	8	760	100	97	10,0	15,7	6,5
1414/1	5	9	1330	106	95	11,4	17,2	7,0

Из представленных 11 генотипов на 15.08 – 6 обладали высокой степенью устойчивости ботвы (8–7 баллов), остальные были среднеустойчивыми (6–5 баллов). Клубни отдельных гибридов поражались незначительно (8 баллов), 4 гибрида (113/4, 114/11, 714/3, 1414/1) оставались без симптомов поражения.

Учитывая короткий период вегетации растений картофеля (65–70 дней) в 2017 г., продуктивность товарных клубней была на достаточно высоком уровне – от 580 до 1330 г/куст. Средняя масса 1 товарного клубня варьировала от 73 до 115 г, товарность клубней – от 78 до 99%. В данном полевом сезоне столовые

качества и биохимические характеристики клубней уступали показателям прошлых лет. Содержание сухого вещества находилось на уровне 13,4–19,6%, крахмала – 7,6–13,8%. Полученные данные свидетельствуют о влиянии агрометеорологических условий на накопление питательных веществ.

Таким образом, экспериментальные данные, полученные в результате исследования на фоне неблагоприятных условий для роста и развития картофеля (2016, 2017 гг.) позволили выделить и отобрать генотипы, устойчивые к фитофторозу ботвы и клубней с комплексом хозяйственно ценных признаков.

Выводы

На основании полученных результатов можно сделать следующие выводы:

1. Наиболее эффективными комбинациями, дающими фитофтороустойчивое потомство, оказались: 9451/9 × 94110/8, Свитанак Киевский × 96133/16, Чародей × 91102/12, 943/6 × Gitte, Чародей × 943/9, Скарб × 94155/1, Сударыня × 9674/38, 9685/1 × 943/9.

2. Значительный выход фитофтороустойчивых клонов получен в потомстве от самоопыления сортов: 'Удача', 'Реал', 'Амур', 'Браво', 'Чародей', 'Кортни', 'Янка', 'Журавинка', 'Вектар', 'Фри-телла', 'Матушка', 'Ирбитский' и образцов К-22890, 28-06, 85-06.

3. За непродолжительный период вегетации (60–70 дней) отдельные образцы сформировали урожай товарных клубней на уровне 580–1330 г/куст; средняя продуктивность товарных клубней по питомнику составила 590 г/куст.

4. Столовые и биохимические качества клубней были невысокими, ввиду негативного влияния агрометеорологических условий.

5. Полученный оригинальный селекционный материал является ценным источником устойчивости к фитофторозу, который будет использован в дальнейшей работе.

References/Литература

- Bukasov S. M., Kameron A. Y., Lekhnovitch V. S. The international comecon classifier list of descriptors of potato species of the section *Tuberarium* (Dun.) Buk. of the genus *Solanum* L. Mezhdunarodnyj klassifikator SEV vidov kartofelya sekcii Tuberarium (Dun.) Buk. roda *Solanum* L. 1984, 40 p. [in Russian] (Букасов С. М., Камераз А. Я., Лехнович В. С. Международный классификатор СЭВ видов картофеля секции *Tuberarium* (Dun.) Buk. рода *Solanum* L. 1984. 40 с.).
- Cooke D. E., Cano L. M., Raffaele S., Bain R. A., Cooke L. R., Etherington G. J., Deahl K. L., Farrer R. A., Gilroy E. M., Goss E. M. et al. Genome analyses of an aggressive and invasive lineage of the Irish potato famine pathogen / Ed. Peter Dodds // PLOS Pathogens, 2012, pp. 8 (10): e1002940. <https://doi.org/10.1371/journal.ppat.1002940>.
- Deahl K. L., Goth R. W., Young R., Sinden S. L., Gallegly M. E. Occurrence of the A2 mating type of *Phytophthora infestans* in the United States and Canada // Am. Potato J., 1991, vol. 68, pp. 717–725.
- Douches D. S., Thill C. A., Groza H., Thompson A. L. Evaluation of potato late blight management utilizing host plant resistance and reduced rates and frequencies of fungicide applications // Crop Prot., 2005, vol. 24, pp. 961–970. DOI: 10.1016/j.cropro.
- Fry W. *Phytophthora infestans*: the plant (and R gene) destroyer // Mol. Plant Pathol., 2008, vol. 9, pp. 385–402.
- Inglis D. A., Johnson D. A., Legard D. E., Fry W. E., Hamm P. B. Relative resistances of potato clones in response to new and old populations of *Phytophthora infestans* // Plant Diseases, 1996, vol. 80, pp. 575–578.
- Shnejder Y. I., Yashina I. M., Erohina S. A., Filina N. I., Volovik A. S., Zaharova L. N. Methodical guidelines for the assessment of potato breeding material for resistance to late blight, rhizoctonia, bacterial diseases and mechanical damage. (Metodicheskie ukazaniya po ocenke selekcionnogo materiala kartofelya na ustojchivost' k fitoflorozu, rizoktoniozu, bakterial'nym boleznyam i mekhanicheskim povrezhdeniyam). Moscow, 1980, 52 p. [in Russian] (Шнейдер Ю. И., Яшина И. М., Ерохина С. А., Филина Н. И., Воловик А. С., Захарова Л. Н. Методические указания по оценке селекционного материала картофеля на устойчивость к фитофторозу, ризоктониозу, бактериальным болезням и

- механическим повреждениям. М., 1980. 52 с.).
- Schwinn F. J., Margot P. Phytophthora infestans*, the cause of late blight of potato. Control with chemicals // In: *Advances in Plant Pathology*. Ingram DS, Williams PH (ed) London: Academic Press Limited, San Diego, CA, USA, 1991, no. 7, pp. 225–265.
- Simakov E. A., Sklarova N. P., Yashina I. M.* Methodology of research on technology of potato breeding process // *Dostizheniya nauki i tekhniki APK*, 2006. Achievements of Science and Technology of the AIC, 2006. 70 p. [in Russian] (*Симаков Е. А., Скларова Н. П., Яшина И. М.* Методика исследований по технологии селекционного процесса картофеля // *Достижения науки и техники АПК*. 2006. 70 с.).
- Sujkowski L. S., Goodwin S.B., Dyer A. T., Fry W. E.* Increased genotypic diversity via migration and occurrence of sexual reproduction of *Phytophthora infestans* in Poland // *Phytopathology*, 1994, vol. 84, pp. 201–207.
- Zoteyeva N. M., Patrikeeva M. V.* Phenotypic characteristics of North-West Russian populations of *Phytophthora infestans* (2003–2008) // *PRO-Special report* / Eds. H. T. A. M. Schepers. Wageningen, 2011, no. 14, pp. 213–216.