

УДК 632.4:633.491:631.811

## ВЛИЯНИЕ МИНЕРАЛЬНЫХ УДОБРЕНИЙ НА ПОЛЕВУЮ ФИТОФТОРОУСТОЙЧИВОСТЬ КАРТОФЕЛЯ

Ю. М. СТРОЙКОВ, АГБОБЛИ КОМЛАН АТСУ, К. В. ПОПКОВА

(Кафедра фитопатологии)

Одним из опаснейших заболеваний картофеля является фитофтороз. Степень его вредоносности зависит главным образом от устойчивости сорта и метеорологических условий сезона, благоприятствующих развитию и распространению болезни или ограничивающих их. Большое значение в борьбе с фитофторозом картофеля имеет полевая устойчивость сортов, определяемая стойкостью к проникновению гриба в растение, продолжительностью инкубационного периода и степенью сопротивляемости к распространению возбудителя в тканях, способностью воспроизводить то или иное количество спор на единицу поверхности. Степень этого типа устойчивости зависит от таких факторов, как свет, температура, тип почвы, наличие вирусной инфекции, уровень минерального питания [3, 9, 18]. Наиболее доступным для регулирования является последний фактор. При увеличении доз минеральных удобрений меняются условия роста и развития, затрагиваются обменные процессы в растении, что, в свою очередь, может повлечь изменение устойчивости картофеля.

Изучению влияния уровня минерального питания на фитофтороустойчивость картофеля посвящено значительное количество работ [1, 3, 5, 9, 14—16, 18], однако многие вопросы, выяснение которых необходимо для установления причин утраты фитофтороустойчивости, окончательно еще не изучены. Проведено очень мало детальных исследований механизмов полевой устойчивости листьев и клубней при различном уровне минерального питания, а также специфики проявления ее в процессе вегетации. Выявление этих механизмов даст основание для разработки приемов, направленных на повышение эффективности защитных мероприятий в борьбе с фитофторозом.

В задачу наших исследований входило изучить полевую фитофтороустойчивость ботвы и клубней картофеля в процессе их развития при разных уровнях минерального питания, а также действие механизмов устойчивости к проникновению и к распространению в них гриба *Phytophthora infestans* в зависимости от уровня минерального питания.

### Материал и методы

При изучении фитофтороустойчивости использовался в основном сорт Столовый 19 с высокой полевой устойчивостью (с геном R<sub>4</sub>). Изоляты расы 1, 2, 3, 4 *P. infestans* культивировали на овсяно-агаровой среде с пересевом через 9—14 дней. Для сохранения постоянного уровня агрессивности гриба весной каждого года проводили 2—3 пассажа через клубни сорта Лорх.

Почва опытного участка, на котором выращивали картофель, легкосуглинистая дерно-подзолстая со слабой или нейтральной

кислотностью. Содержание общего азота по Кьельдалю — 0,14 %, K<sub>2</sub>O по Масловой — 12,3, P<sub>2</sub>O по Кирсанову — 10,8 мг на 100 г почвы. Схема опыта следующая: 1 — навоз, 20 т/га; 2 — навоз+N<sub>45</sub>P<sub>60</sub>K<sub>60</sub>; 3 — навоз+N<sub>180</sub>P<sub>240</sub>K<sub>240</sub>; 4 — навоз+N<sub>270</sub>P<sub>360</sub>K<sub>360</sub>; 5 — навоз+N<sub>240</sub>P<sub>60</sub>K<sub>60</sub>.

Для определения полевой устойчивости листьев заражали отделенные листья, а для оценки полевой устойчивости клубней использовали индекс поражения [12]. Устойчивость листьев или клубневых тканей к про-

никновению и распространению *P. infestans* устанавливали по методике, предложенной Ю. М. Стройковым [12].

Сухое вещество определяли по методике, предлагаемой для исследований по культуре картофеля [2]; крахмал — по методу кислотного гидролиза [11]; сахар — по Бертрау [2]; белок — по Бернштейну [11]. В лабо-

ратории кафедры низших растений Московского государственного университета им. М. В. Ломоносова выявляли содержание фитоалексина по методике, предложенной Л. В. Метлицким и др. [7].

Полученные данные обрабатывали дисперсионным методом по Б. А. Доспехову [4].

### Развитие фитофтороза на ботве картофеля, выращенного при различных дозах минеральных удобрений

В период исследований (1976—1978 гг.) нами ставилась задача выявить, в какой степени будут влиять повышенные дозы минеральных удобрений на степень полевой фитофтороустойчивости картофеля, в том числе и на ее состояние в онтогенезе.

Приведенные в табл. 1 данные о средних баллах поражения и спороношения за 2 года показывают, что уровень фитофтороустойчивости листьев испытуемого сорта в начальные фазы развития ниже, чем в фазы бутонизации и цветения. В конце вегетации пораженность снова возрастает. С повышением доз минеральных удобрений, вносимых в почву, и при одностороннем увеличении доз азота способность листьев картофеля сорта Столовый 19 противостоять заражению фитофторозом снижается.

Наряду с лабораторными опытами по испытанию устойчивости к фитофторозу отдельных листьев мы проводили наблюдения за появлением и развитием фитофтороза непосредственно в поле на Опытной станции защиты растений. В 1976 и 1977 гг. развития фитофтороза на ботве сорта Столовый 19 ни в одном из вариантов не отмечалось. В 1978 г., когда в Московской области и соседних областях сложились условия, благоприятствующие эпифитотийному развитию фитофтороза, во всех вариантах опыта сорт Столовый 19 поражался болезнью в той или иной степени. Результаты обследования, проведенного в этом году, показали, что с увеличением дозы минерального питания устойчивость листьев сорта Столовый 19 снижается, особенно при одностороннем чрезмерном повышении доз азота. Процент развития болезни на листьях в вариантах 1—5 составил соответственно 2,17; 3,57; 26,2; 30,9 и 38,1.

Для более обстоятельного обсуждения поведения сортов с полевой устойчивостью при интенсивном внесении удобрений необходимо располагать сведениями о проявлении основных механизмов полигенной устойчивости — устойчивости к проникновению и распространению гриба

Таблица 1

Поражаемость листьев картофеля сорта Столовый 19 в среднем за 2 года (баллы)

Варианты	8—9-й лист	Начало бутонизации	Бутонизация	Цветение	Конец цветения	Начало отмирания ботвы
1	1,25	1,02	0,13	0,65	1,11	0,30
	0,15	0,58	0,05	0,19	0,05	0,08
2	0,44	0,11	0,30	0,90	0,08	0,50
	0,05	0,05	0,05	0	0,08	0,02
3	1,21	0,44	0,87	1,30	0,96	0,75
	1,02	0,38	0,50	0,13	0,69	0,27
4	1,96	0,58	0,22	0,91	0,33	1,50
	1,05	0,44	0,02	0,08	0,08	0,75
5	2,44	1,35	0,85	0,63	0,44	2,25
	1,50	1,02	0,30	0,22	0,22	1,30

Примечание. Числитель — поражение; знаменатель — спороношение на 6-й день после заражения.

Устойчивость ботвы картофеля сорта Столовый 19 к проникновению гриба *P. infestans* (% зараженных долек листа)

Время пребывания инокулюма, ч	Бутонизация		Цветение		Начало отмирания ботвы	
	1976 г.	1977 г.	1976 г.	1977 г.	1976 г.	1977 г.
Вариант 1						
4	2,77	2,77	0,0	4,16	0,0	4,16
8	20,0	13,88	27,0	14,38	26,38	18,05
12	18,05	23,61	18,05	22,22	15,27	23,61
Вариант 2						
4	5,55	0,0	1,38	1,38	13,88	2,77
8	26,38	4,16	19,44	4,16	19,44	5,55
12	18,05	8,33	19,44	9,72	23,61	11,1
Вариант 3						
4	15,27	6,94	4,16	8,38	6,94	8,33
8	37,5	16,66	16,68	16,66	16,66	22,22
12	19,44	22,22	14,38	23,61	14,38	25,0
Вариант 4						
4	1,38	1,38	0,0	2,77	0,0	2,77
8	22,22	13,88	19,44	14,38	11,11	18,05
12	19,44	22,22	15,27	22,22	16,66	23,61
Вариант 5						
4	2,77	4,16	2,77	5,55	9,72	6,94
8	29,16	23,61	13,88	23,61	19,44	23,61
12	34,72	25,0	18,05	23,61	23,61	25,0

НСР<sub>05</sub> в 1976 г.—11,15; в 1977 г.—9,4

*P. infestans*. Эти сведения можно использовать для прогноза стабильности полигенной устойчивости сортов с различными механизмами полевой устойчивости в условиях интенсивного внесения минеральных удобрений.

Данные табл. 2 свидетельствуют о том, что устойчивость к проникновению гриба в листья практически не изменяется при увеличении доз вносимых удобрений. Даже в вариантах с избыточными несбалансированными дозами азотных удобрений (N<sub>240</sub>P<sub>60</sub>K<sub>60</sub>) не наблюдалось сколько-нибудь значительных изменений в степени устойчивости к проникновению.

Таблица 3

Проявление устойчивости ботвы картофеля сорта Столовый 19 к распространению гриба *P. infestans* (величина поражений на 5-й день после заражения, мм), 1977 г.

Варианты	Бутонизация	Цветение	Начало отмирания ботвы
1	3,5	5,2	10,0
2	8,0	11,5	12,5
3	10,0	12,0	13,7
4	12,5	20,0	22,2
5	15,0	20,0	24,4

НСР<sub>05</sub> 6,8 мм

У сортов с полевой устойчивостью размеры поражений определяются наличием механизмов устойчивости к распространению.

Как видно из табл. 3, распространение гриба в листьях различалось в зависимости от фона минеральных удобрений. С увеличением их доз существенно увеличивался диаметр поражения. Так, при обычной дозе зона распространения гриба *P. infestans* по периодам заражения была 8,0—12,5 мм, а при внесении N<sub>240</sub>P<sub>360</sub>K<sub>360</sub> увеличивалась до 12,5—22,2 мм. Наибольшая зона распространения гриба отмечена у листьев, при несбалансированных дозах удобрений (вариант 5).

Таким образом, можно предполагать, что при внесении повышенных доз удобрений снижается полевая устойчивость растений к фитофторозу вследствие подавления механизмов, определяющих устойчивость к распространению возбудителя в тканях. Полученные нами данные так называемой скорости распространения гриба в тканях растения представляют большой интерес, так как именно они наиболее четко отражают взаимоотношения между паразитом и растением-хозяином. Увеличение скорости распространения гриба свидетельствует о снижении действия защитных механизмов. Так, к концу вегетации в вариантах с навозом и с навозом +  $N_{45}P_{60}K_{60}$  она была наименьшей — соответственно 2,4 и 0,4 мм в сутки, в то время как в варианте с  $N_{240}P_{60}K_{60}$  — 6,5 мм. Следует отметить, что в этом варианте высокая скорость распространения мицелия отмечалась и в период бутонизации — 10 мм в сутки.

### Развитие фитофтороза на клубнях, выращенных при различных дозах минеральных удобрений

У сортов с полевой устойчивостью ботва поражается фитофторозом, как правило, не раньше фазы полного цветения, когда у картофеля начинается образование клубней. Ясно, что в случае поражения ботвы фитофторозом и развития болезни на таких сортах вероятность заражения клубней больше, особенно при слабой их устойчивости.

Устойчивость клубневых тканей к *P. infestans* в процессе формирования клубней не различалась по вариантам опыта (табл. 4). Исключением являлся только вариант 5, где этот показатель был значительно ниже. Нами проводились и полевые наблюдения за развитием фитофтороза на клубнях на опытном участке.

Если по индексу поражения не было выявлено различий в фитофтороустойчивости клубней разных вариантов, то по количеству естественно пораженных клубней была установлена прямая корреляция между дозой удобрений и пораженностью клубней.

Наименьший процент зараженных клубней был в варианте 1, всего 6,66, при увеличении дозы минеральных удобрений в 6 раз (4-й вариант) он повысился до 33,4, а наибольшим был при несбалансированном внесении азота по отношению к фосфору и калию — 40 %.

Для более детальной характеристики состояния устойчивости мы решили проверить действие отдельных механизмов, определяющих устойчивость в целом. Из табл. 5 видно, что в вариантах с высокими дозами минеральных удобрений, особенно при одностороннем избыточном внесении азота, устойчивость клубней к распространению гриба *P. infestans* снижалась. Аналогичные данные получены и в 1978 г.

Т а б л и ц а 4

Заражение клубней сорта Столовый 19 в период вегетации  
(индекс поражения в среднем за 2 года)

Варианты	Сроки инокуляции				
	I	II	III	IV	V
1	0,58	0,44	0,31	0,60	0,46
2	0,64	0,48	0,29	0,31	0,45
3	0,58	0,33	0,35	0,44	0,36
4	0,58	0,47	0,26	0,47	0,44
5	0,53	0,40	0,35	1,48	2,15

П р и м е ч а н и е. I — инокуляция 15 июля; II, III, IV и V — через двухнедельные интервалы.

Таблица 5

Проявление устойчивости клубней сорта Столовый 19 к распространению гриба (*P. infestans*) на 6-й день после заражения), 1977 г.

Варианты	Диаметр поражения, мм		
	10/VIII	25/VIII	9/IX
1	15,5	14,5	15,0
2	23,7	20,0	21,8
3	28,0	20,0	24,0
4	35,0	55,0	30,0
5	42,0	33,8	37,9
НСР <sub>05</sub> 6,5			

Таблица 6

Содержание сухого вещества, крахмала, сахара и белка в клубнях сорта Столовый 19 в зависимости от уровня минерального питания (%)

Варианты	Сухое вещество	Крахмал	Сахар	Белок
1	24,59	12,92	0,19	0,62
2	24,14	17,37	0,23	0,73
3	24,14	12,59	0,22	0,63
4	21,08	11,42	0,22	0,83
5	20,42	9,92	0,22	0,80
НСР <sub>05</sub> 0,66 2,33 F <sub>ф</sub> <F <sub>05</sub> F <sub>ф</sub> <F <sub>05</sub>				

Поскольку снижение фитофтороустойчивости при внесении повышенных доз удобрений имеет большое значение в практике, нам представлялось целесообразным выявить некоторые из факторов, которые могли обуславливать это снижение. Нами исследовались следующие показатели: содержание в листьях и клубнях сухого вещества, крахмала, сахара, белка, наличие фитоалексина ришитина.

Анализ показал, что уровень минерального питания не влиял на содержание сухого вещества в листьях. К концу вегетации во всех вариантах оно колебалось от 18,19 до 19,55 %.

При несбалансированном питании с преобладанием азота над фосфором и калием (вариант 5) снижалось содержание сухого вещества и крахмала в клубнях (табл. 6).

Таким образом, условия минерального питания оказали значительное влияние на процессы образования крахмала. Возможно, причиной снижения содержания крахмала в клубнях при усилении азотного питания является нарушение оптимального сочетания уровней питания и освещенности [13].

Известно, что образование защитного некроза в тканях устойчивых сортов картофеля, пораженного фитофторой, сопровождается накоплением токсических соединений — фитоалексинов [6, 8, 10, 17]. Поэтому в связи с изменением устойчивости клубней картофеля к грибу *P. infestans* нас интересовал вопрос о роли фитоалексинов в процессе развития гриба в клубнях, выращенных при различном уровне минерального питания.

С увеличением доз применяемых минеральных удобрений количество индуцированного ришитина в клубнях снижалось от 18,6 мкг/мл в варианте 1 до 4,0 мкг/мл в варианте 5 (в вариантах 2, 3 и 4 — соответственно 16,0; 14,0 и 7,0 при НСР<sub>05</sub> 5,5).

При сопоставлении этих данных и табл. 5 четко выявляется корреляция между устойчивостью клубней и образованием в них ришитина.

### Выводы

1. С увеличением доз минеральных удобрений фитофтороустойчивость ботвы сорта Столовый 19 снижалась особенно резко при несбалансированном (избыточном) внесении азота.

2. Снижение устойчивости ботвы при повышенных дозах удобрений является следствием подавления механизмов, определяющих устойчивость к распространению возбудителя в тканях растения. Устойчивость листьев к проникновению гриба *P. infestans* в этих условиях не изменяется.

3. Снижение устойчивости ботвы к распространению возбудителя проявляется в быстром нарастании размеров фитофторозных поражений в период бутонизация — начало цветения, создании условий для накопления инфекции в сравнительно ранний срок у сортов с полевой устойчивостью, увеличении пораженности клубней. При этом снижается устойчивость к распространению гриба *P. infestans* в тканях клубней, особенно выращенных при несбалансированном внесении азота.

4. При увеличении доз минеральных удобрений в клубнях уменьшается количество индуцируемого фитоалексина рещитина, что может приводить к снижению фитофтороустойчивости клубней.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Амбросов А. Л. К вопросу о повышении болезнеустойчивости картофеля. Автореф. канд. дис. Барановичи, 1952. — 2. Андрияшина Н. А. и др. Методика исследований по культуре картофеля. М., НИИКХ, 1967. — 3. Дорожкин Н. А. и др. Фитофтороз картофеля и томатов. Минск, «Урожай», 1976. — 4. Доспехов Б. А. Методика полевого опыта. М., «Колос», 1973. — 5. Дунин М. С. Иммуногенез и его практическое использование. Рига, Латгосиздат, 1946. — 6. Дьяков Ю. Т. и др. Агрессивность и вирулентность *Phytophthora infestans* (Mont) de Bary в связи со способностью гриба индуцировать образование рещитина. — Микология и фитопатология, 1973, вып. 3, с. 208—213. — 7. Метлицкий Л. В. и др. Выделение рещитина и любимина в инфекционную каплю, нанесенную на поверхность клубня картофеля. — Прикладная биохимия, 1973, т. IX, вып. 5, с. 744—752. — 8. Метлицкий Л. В. Фитоалексины и их защитная роль в устойчивости растений к паразитным грибам. — В кн.: Иммунитет с.-х. растений к болезням и вредителям. М., «Колос», 1975, с. 113—123. — 9. Наумова Н. А. Фитофтороз картофеля. М.-Л., «Колос», 1961. — 10. Озерецковская О. Л. и др. Вертикальная устойчивость картофеля к возбудителю фитофтороза и образование фитоалексинов. — В кн.: Иммунитет с.-х. растений к болезням и вредителям. М., «Колос», 1975, с. 286—292. — 11. Петербургский А. В. Практикум по агрономической химии. М., «Колос», 1968. — 12. Стройков Ю. М. Особенности проявления полевой фитофтороустойчивости картофеля в процессе развития и хранения. — Автореф. канд. дис. М., 1974. — 13. Строганова Л. Е. Основные элементы фотосинтетической продуктивности картофеля. — Проблемы фотосинтеза. М., Изд-во АН СССР, 1959, с. 434—447. — 14. Тупеневич С. М. Методические указания по оценке комплекса агротехнических мероприятий в защите картофеля от фитофторы и ризоктонии. Л., ВИЗР, 1956. — 15. Crosnier J.-Agr., 1977, t. 33, p. 15—16. — 16. Herlihy M. — Plant pathology, 1970, vol. 19, p. 65—68. — 17. Sato N., Tomiama K. — Annals of Phytopathological society of Japan, 1976, vol. 42, N 4, p. 431—435. — 18. Weindlmayr J. Die Bodenkultur, 1965, Bd 16, N 1/2, S. 144—168.

*Статья поступила 17 сентября 1979 г.*

In growing potato variety Stolovy 19 with the application of different doses of balanced NPK and excessive doses of nitrogen into the soil, the affection of haulm and tubers with late blight was studied. Higher doses of fertilizers and surplus of nitrogen resulted in lower field phytophthora-resistance in leaves and tubers due to the action of mechanisms determining the resistance to spreading of the agent in tissues of the host-plant. This is accompanied by lower content of the induced phytoalexine of reshitine in tubers.