

Роль абиотических и биотических факторов среды в патогенезе серебристой парши клубней картофеля

*Приведены результаты изучения роли абиотических и биотических факторов внешней среды в патогенезе серебристой парши клубней картофеля. Установлено, что болезнь, вызываемая грибом *Helminthosporium solani* Dur. et Mont., распространена в Беларуси повсеместно и ежегодно поражает картофель в той или иной степени. Наиболее активно заболевание развивается в лечебный период, во время охлаждения и в конце хранения клубней. Факторами, определяющими интенсивность проявления серебристой парши, являются температура и относительная влажность воздуха, pH почвенного раствора, наличие поврежденных другими фитопатогенными микроорганизмами.*

Среди болезней картофеля особое место занимает серебристая парша клубней. Заболевание распространено в Беларуси повсеместно. Максимального развития оно достигает в конце хранения. При сильном поражении семенных клубней возбудителем серебристой парши снижается способность глазков к прорастанию, растения отстают в росте, уменьшается их продуктивность. Во время хранения картофеля с признаками болезни потери массы клубней достигают 6-8% [2, 3]. Особую актуальность серебристая парша приобрела в настоящее время в связи с реализацией мытого картофеля в прозрачных упаковках, когда признаки ее становятся хорошо заметными. Кроме того, заболевание наиболее вредоносно на клубнях со светлой кожурой, так как у них она плохо очищается при приготовлении чипсов [6].

В качестве самого эффективного и экологически безопасного способа борьбы с серебристой паршой рекомендуется выведение устойчивых к болезни сортов. Одним из основных этапов в их создании является определение восприимчивости к патогену исходного и селекционного материала. В свою очередь это требует изучения биологии возбудителя заболевания, без знания которой невозможно правильно выбрать метод его оценки и отбора картофеля по признаку болезнестойкости.

Основная задача настоящей работы – выявить роль абиотических и биотических факторов среды в патогенезе серебристой парши клубней картофеля в условиях Беларуси.

Материалы и методы исследований. Материалом для исследований служили природная популяция возбудителя серебристой парши клубней, районированные и перспективные сорта картофеля.

*The study of the role of abiotic and biotic environmental factors in potato tuber silver scab pathogenesis is presented. It has been determined that the disease is caused by *Helminthosporium solani* Dur. Et Mont. Is wide spread in all parts of Belarus and each year it affects potatoes to a different degree. Most actively the disease develops during medical period, cooling and at the end of the tuber storage. Temperature, specific air humidity, soil pH, tuber bruising, infection by other phytoapathogenic microorganisms are the factors influencing the degree of the damage caused by the disease.*

Вегетационные опыты проводили в лабораторных условиях на искусственном инфекционном фоне в полиэтиленовых емкостях (35-40 л). Для этих целей их наполняли стерильной почвой, в которую вносили необходимое количество возбудителя болезни.

Степень развития серебристой парши на клубнях определяли по площади пораженной поверхности в баллах (0-3):

- 0 – здоровые клубни;
- 1 – поражено от 1 до 25% поверхности клубня;
- 2 – поражено от 26 до 50% поверхности;
- 3 – поражено более 50% поверхности.

Процент развития болезни рассчитывали по формуле

$$R = \frac{\sum(n \times b)}{N \times K} \times 100 \text{ ,}$$

где R – развитие болезни, %;

$\sum(n \times b)$ – сумма произведений числа пораженных клубней (n) на соответствующий им балл поражения (b);

N – общее число учтенных клубней, шт.;

K – высший балл шкалы учета.

Изучение экологии возбудителя серебристой парши осуществляли по методике М.К. Хохрякова [5]. Действие относительной влажности воздуха на прорастание спор патогена проверяли в атмосфере, создающейся над водными растворами солей определенной концентрации. Значение температуры для прорастания конидий устанавливали при выдерживании их в камерах термостата от 0 до 36 °C с интервалом 3 °C.

Роль pH в развитии гриба выясняли путем добавления к питательным средам определенного количества 50%-ного раствора лимонной кислоты и 0,1-ного раствора NaOH.

Особенности взаимоотношений возбудителя болезни с другими патогенами, паразитирующими на картофеле, выявляли в лабораторных условиях на искусственном и естественном инфекционных фонах.

Статистическую обработку полученных результатов проводили методом дисперсионного анализа с использованием ПЭВМ.

Результаты исследований и их обсуждение. В условиях Беларуси серебристую паршу картофеля вызывает гриб *Helminthosporium solani* Dur. et Mont. На поверхности клубней появляются пятна серебристого цвета размером 1-10 мм в диаметре. Часто пятна покрывают всю поверхность клубня. На них хорошо видны мелкие черные точки – склероции патогена. Мякоть под пятнами не загнивает. На клубнях, у которых ослаблен тургор, пятна становятся выпуклыми в центре и вдавленными по краям, в результате чего приобретают вид колец. Поверхность клубней сморщивается.

Возбудитель серебристой парши поражает картофель ежегодно и повсеместно (табл. 1). В зависимости от наличия почвенно-климатических условий, благоприятных для развития *H. solani*, нами выделены 3 зоны по интенсивности проявления болезни: зона сильного развития – Витебская, Брестская и Гродненская области (33,0%); зона умеренного поражения – Минская и Гомельская (22,6-25,5%); зона слабого развития – Могилевская область (19-20%).

Существенное влияние на степень поражения клубней картофеля возбудителем серебристой парши оказывает наличие источника первичной инфекции. По мнению большинства исследователей, основным носителем заразного начала служат пораженные грибом *H. solani* семенные клубни, от которых происходит первичное инфицирование картофеля патогеном [1, 4].

Нами установлено, что возбудитель серебристой парши может сохраняться как на больных семенных клубнях, так и в почве.

Однако клубневая инфекция является определяющей в патогенезе серебристой парши, так как поражение клубней нового урожая в этом случае происходит значительно интенсивнее, чем от почвенной с естественным инфекционным фоном, который создается после выращивания картофеля (табл. 2).

С целью изучения динамики распространения и развития серебристой парши во время хранения картофеля и выявления периода наиболее интенсивного проявления болезни нами были проведены клубневые анализы через 1, 2, 3 и 7 месяцев после закладки картофеля на хранение.

Во время хранения картофеля развитие серебристой парши на клубнях наблюдается даже в том случае, если они были внешне здоровыми (табл. 3). Так, уже через месяц болезнь проявилась на 25% помещенных на хранение здоровых клубней, а через 7 месяцев – на 55%. Этот факт свидетельствует о том, что серебристая парша может длительное время развиваться в латентной форме. При закладке на хранение больных клубней скорость развития болезни значительно возрастала и в течение 7 месяцев площадь поражения увеличивалась более чем в 5 раз. Наибольшая скорость развития серебристой парши от-

Таблица 1. Распространенность серебристой парши клубней картофеля в условиях Беларуси, % (1996-2003 гг.).

Сорт	Области																Средние по республике									
	Гродненская				Витебская				Гомельская				Брестская						Могилевская				Минская			
	1		2		1		2		1		2		1		2		1		2		1		2			
	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2				
Аксанит	72,3	34,7			56,7	28,7			65,0	27,0			91,3	40,3			72,0	34,7			67,7	35,9			70,8	33,6
Явар	72,7	40,7			74,7	36,0			34,7	16,3			55,0	32,0			-	-			46,7	27,0			56,8	30,4
Сантэ	64,3	30,0			70,3	35,7			45,7	24,0			46,0	22,0			27,7	12,7			65,3	27,0			53,2	25,2
Скарб	45,3	23,3			66,0	32,3			-	-			-	-			26,7	10,7			55,0	27,7			48,3	23,3
Ласунок	75,3	39,7			61,6	27,3			37,7	15,3			92,7	43,3			50,0	25,0			36,7	19,7			58,9	28,4
Орбита	82,0	35,7			79,3	38,0			66,7	30,0			60,7	22,0			28,0	13,7			42,3	21,3			60,8	26,8
Темп	49,3	24,7			69,3	33,0			56,0	22,7			68,3	28,7			45,7	21,3			49,0	20,3			56,3	25,1
Средние по области	65,9	32,7			68,3	33,0			51,0	22,6			69,0	31,4			41,7	19,7			50,7	25,5			57,8	27,5

Примечание. 1 – распространенность болезни, %; 2 – развитие болезни, %.

Таблица 2. Влияние клубневой и почвенной инфекции на поражение картофеля серебристой паршой (сорт Явар, 1996-2003 гг.).

Наличие инфекции в почве	Развитие болезни на семенных клубнях, %	Пораженность серебристой паршой клубней нового урожая	
		распространенность болезни, %	развитие болезни, %
Стерильная почва	0	0	0
Стерильная почва	20	88	38
Искусственный инфекционный фон	0	68	28
Почва из-под картофеля	0	35	14

Таблица 3. Динамика распространения и развития серебристой парши в период хранения (сорт Явар, 1996-1998 гг.).

Продолжительность хранения картофеля	Здоровые клубни		Пораженные клубни	
	распространенность болезни, %	развитие болезни, %	распространенность болезни, %	развитие болезни, %
Перед закладкой на хранение	0	0	100	16
1 месяц	25	8	100	37
2 месяца	34	16	100	46
6 месяцев	40	23	100	67
7 месяцев	55	30	100	89

Таблица 4. Влияние температуры воздуха и продолжительности лечебного периода на развитие серебристой парши картофеля (сорт Явар, 1996-1998 гг.).

Температура воздуха в лечебный период, °С	Развитие болезни, %		
	в начале лечебного периода	через 10 дней	через 20 дней
18	20	38	50
15	20	31	39
12	20	24	27
НСР ₀₅	-	10,0	15,1

мечена в первые 2 месяца хранения, т.е. в лечебный период, в котором температура воздуха поддерживалась на уровне 18-20 °С, относительная влажность воздуха – 90-95%, и в период охлаждения, когда происходило постепенное снижение температуры до 2-4 °С в течение 30-40 дней. В основной период хранения картофеля болезнь нарастала медленно, а к концу хранения вновь наблюдалось резкое увеличение скорости развития серебристой парши, что можно объяснить повышением температуры в хранилище.

Существенное влияние на поражение клубней картофеля возбудителем серебристой парши оказывает температура воздуха и продолжительность лечебного периода.

Наибольшее развитие серебристой парши происходит в том случае, если в лечебный период температура

воздуха поддерживается на уровне +18 °С в течение 20 дней; наименьшее – при температуре +12 °С, т.е. чем ниже температура воздуха в лечебный период и короче его продолжительность, тем меньше картофель поражается серебристой паршой во время хранения (табл. 4).

Характер проявления серебристой парши определяется не только абиотическими факторами, но и особенностями взаимоотношений ее возбудителя с другими микроорганизмами, паразитирующими на картофеле.

Установлено, что поражение клубней серебристой паршой существенно повышает их восприимчивость к фитофторозу, фузариозу, фомозу и мокрой гнили (табл. 5).

На естественном инфекционном фоне клубни, покрытые язвами парши обыкновенной и склероциями ризоктонии, слабее поражаются серебристой паршой, и наоборот.

Таблица 5. Влияние серебристой парши на поражаемость клубней картофеля возбудителями грибных и бактериальных болезней (сорт Явар, 1996-2002 гг.).

Степень поражения клубней серебристой паршой, балл	Развитие болезни, %			
	фитофтороз	фузариоз	фомоз	мокрая гниль
0	20	8	2	20
1	24	14	6	28
2	29	20	8	40
3	50	28	8	72
4	75	57	16	100
НСР ₀₅	12,3	11,3	3,4	9,7

Таблица 6. Пораженность клубней серебристой паршой в зависимости от способа хранения (сорт Явар, 1996-1998 гг.).

Способ хранения	Распространенность болезни, %	Развитие болезни, %	Потери массы клубней, %
Бурты	100	72,6	10,3
Хранилище: контейнеры – 1-й ряд снизу	83	47,8	7,8
контейнеры – 2-й ряд	94	58,7	7,1
контейнеры – 3-й ряд	98	61,2	7,4
контейнеры – 4-й ряд	100	64,3	7,9
насыпь	100	67,3	8,9
НСР ₀₅	14,3	13,1	0,9

Выявленные закономерности необходимо учитывать при проведении защитных мероприятий, а также при оценке исходного и селекционного материала на устойчивость к болезни.

На поражение клубней серебристой паршой существенное влияние оказывает способ хранения (хранилища, бурты, подвалы и т.д.). По мнению многих исследователей, хранение картофеля в ящиках, контейнерах, сетках и т.д., т.е. в упаковках, пропускающих воздух, а не навалом, задерживает развитие серебристой парши.

Нами впервые в условиях Беларуси изучено также влияние способа хранения картофеля на поражаемость его серебристой паршой (табл. 6).

Данные таблицы 6 свидетельствуют о том, что при хранении клубней в буртах и насыпи в хранилищах происходит 100%-ное их заражение возбудителем серебристой парши и наиболее интенсивное развитие болезни – 67,3-72,6%. В хранилище степень поражения серебристой паршой зависит от расположения контейнера. Самыми высокими эти показатели были на клубнях, хранившихся в верхнем ряду контейнеров. Распространенность болезни здесь составила 100%, развитие – 64,3%. Вверху, благодаря активному вентилированию, температура воздуха выше, чем температура клубней, что способствует усиленной конденсации влаги на их поверхности. Это активизирует формирование конидиального спороношения гриба *H. solani* и благоприятствует осуществлению новых заражений.

Убыль массы картофеля при разных условиях хранения колебалась от 10,3 до 7,1%. Самой высокой она была в буртах. В хранилище же данный показатель на всех уровнях расположения контейнеров находился в пределах 7,1-7,9%. Это подтверждает тот факт, что наиболее целесообразно хранить картофель в вентилируемых хранилищах.

При разработке системы мероприятий по защите картофеля от серебристой парши важное значение имеет выявление роли условий внешней среды в развитии возбудителя болезни и в способности его заражать клубни.

Одним из важных факторов, лимитирующих возможность прорастания спор *H. solani* и последующего заражения клубней, является температура. Нами установлено, что конидии патогена способны сохранять жизнеспособность в капельно-жидкой влаге при температуре от +6 до +32 °С. Наиболее благоприятные условия для этого процесса складываются при +18-20 °С. В данном случае прорастает максимум спор – 70-82%. Временное понижение температуры до -12 °С не оказывает губительного действия на конидии гриба. Летальной для спор *H. solani* является температура +34-35 °С. Эти наблюдения позволяют предположить, что во время хранения картофеля при +2-5 °С развитие серебристой парши приостанавливается, так как в таких условиях невозможно прорастание спор гриба и осуществление новых инфекций. При повышении же температуры в хранилищах весной до +18 °С активность патогена восстанавливается, чем

Таблица 7. Факторы внешней среды, определяющие степень развития серебристой парши на клубнях картофеля

Показатели	Степень развития болезни		
	эпифитотия	умеренное	депрессия
Температура воздуха, °С	+18 - +20	+6 - +18 +22 - +28	До +6 и выше +28
Относительная влажность воздуха, %	100	90-100	Ниже 90
Наличие капельно-жидкой влаги, ч	24 и выше	0,2-24	0
Уровень pH почвы	7,1-8,0	3,0-7,0; 8,1-11,0	До 3 и выше 11
Способ хранения	Бурты, насыпь	Хранилище, контейнеры	Ящики, сетки

и объясняется сильное развитие парши в апреле-мае.

Другим важным условием, определяющим жизнеспособность конидий *H. solani*, является влажность. Споры возбудителя серебристой парши способны прорасти при относительной влажности воздуха 95-100% и при наличии капельно-жидкой влаги. Наиболее интенсивно (68%) споры прорастают при нахождении их в воде в течение 24 часов. Однако уже даже 15-минутное выдерживание их в капле воды способствует прорастанию единичных спор (6%). Полученные результаты дают возможность сделать вывод о том, что серебристая парша на клубнях наиболее интенсивно развивается в годы с обильными и частыми осадками в период клубнеобразования и уборки картофеля, а также в конце хранения, когда на верхнем слое клубней конденсируется капельно-жидкая влага.

Учитывая то, что часть жизненного цикла возбудителя серебристой парши картофеля протекает в почве, на развитие болезни оказывает влияние уровень pH почвенного раствора. Нами установлено, что конидии *H. solani* сохраняют жизнеспособность в широких пределах pH – от 3,0 до 11,0. Оптимум для роста патогена расположен в пределах от 7,0 до 8,0, т.е. в нейтральной и слабощелочной среде. Повсеместное известкование кислых почв в Беларуси создало оптимальные условия для развития гриба *H. solani* и заражения им клубней картофеля. Очевидно, с этим и связана всевозрастающая вредоносность серебристой парши в последние годы.

Изучение роли абиотических и биотических факторов внешней среды в патогенезе серебристой парши позволило нам установить комплекс условий, определяющих характер развития болезни на клубнях картофеля (табл. 7).

Приведенные в таблице результаты позволяют прогнозировать возможность заражения клубней грибом *H. solani* и степень проявления серебристой парши во время хранения картофеля, что, в свою очередь, дает возможность своевременно применять необходимые защитные мероприятия против болезни.

В ы в о д ы

1. Серебристая парша клубней, вызываемая *Helminthosporium solani* Dur. et Mont., распространена в Белару-

си повсеместно и ежегодно поражает картофель в той или иной степени.

2. Наиболее активно заболевание развивается на клубнях в лечебный период, во время охлаждения и в конце хранения. В лечебный период скорость инфекции определяется его продолжительностью, а также температурой воздуха. Минимальное развитие серебристой парши происходит при установлении в первые 10-20 дней хранения картофеля температуры воздуха на уровне +12 °С.

3. Оптимальные условия, определяющие эпифитотийное развитие серебристой парши, складываются при температуре +18-20 °С, относительной влажности воздуха 100%, наличии капельно-жидкой влаги на клубнях в течение 24 часов, уровне pH 7,0-8,0.

4. Для ограничения развития серебристой парши картофеля следует возделывать на почвах с pH 5,5-6,0 и умеренном увлажнении.

5. С целью предотвращения отпотевания клубней и снижения вероятности их заражения возбудителем серебристой парши необходимо в лечебный и основной периоды хранения проводить активное вентилирование хранилищ.

Л и т е р а т у р а

1. Букасов С.М., Камераз А.Я. Селекция и семеноводство картофеля. – Ленинград: Колос, 1972. – 359 с.
2. Иванюк В.Г., Зезюлина Г.А. Серебристая парша картофеля// Защита растений. – 1991. – № 3. – С. 45.
3. Иванюк В.Г., Банадысев С.А., Журомский Г.К. Защита картофеля от болезней, вредителей и сорняков. – Минск, 2003. – 550 с.
4. Костенко Н.Ю. Влияние серебристой парши картофеля на семенные качества клубней // Труды / ЛСХА. – 1982. – Вып. 200. – С. 48-51.
5. Хохряков М.К. Методические указания по экспериментальному изучению фитопатогенных грибов / ВИЗР. – Ленинград. – 1974. – 69 с.
6. Gary A. Secor. Silver scurf of potato// Phytopathology. – 1998. – Vol. 84. – № 7. – P. 1675-1676.