

Бактериозы картофеля. Есть ли решение проблемы?

Бактериальные болезни картофеля занимают одно из первых мест по вредоносности и распространенности. Что же собой представляют бактериозы картофеля и есть ли решения для их контроля?

Бактерии – одноклеточные организмы, некоторые из которых способны существовать без доступа воздуха. Размножаются бактерии чаще всего делением клетки, то есть вегетативно. В природе встречаются сотни тысяч видов бактерий, но лишь немногие опасны для растений, однако и те немногие патогены картофеля, которые присутствуют на полях, очень вредоносны и доставляют массу проблем производителям этой культуры.

Причина сложностей при сдерживании бактериозов – их природные особенности. Во-первых, в благоприятных условиях бактерии быстро размножаются и увеличивают инфекционную нагрузку в течение относительно короткого периода времени. Во-вторых, бактериальные патогены быстро распространяются и легко передаются от растения к растению. В-третьих, на ранних стадиях развития болезни симптомы незаметны, что затрудняет своевременное сдерживание инфекции. В-четвертых, бактериальные заболевания трудно контролировать: например, есть только несколько способов воздействия на них средствами защиты растений, а в большинстве случаев химические вещества здесь бесполезны. Сочетание этих причин означает, что бактериальные патогены представляют собой реальную проблему, и значительные усилия затрачиваются на то, чтобы ограничить их распространение с помощью карантинных и защитных мер [1].

Ниже дано описание некоторых значимых бактериальных патогенов картофеля, распространенных практически повсеместно.

Кольцевая гниль. Возбудитель болезни – бактерии рода *Clavibacter*. Кольцевая гниль (рис. 1) распро-



Рис. 1. Кольцевая гниль клубней картофеля

странена повсеместно в зонах выращивания картофеля. Основным источником инфекции – зараженные семенные клубни, однако патоген может сохраняться и в необработанных местах хранения картофеля (контейнеры, доски, стенки хранилища).

Кольцевая гниль относится к наиболее вредоносным болезням картофеля. Потери урожая из-за нее составляют от 11 до 45% и значительно увеличиваются в период хранения. В ряде стран эта болезнь считается карантинной, и партии картофеля, содержащие клетки возбудителя кольцевой гнили, не подлежат сертификации. В России патоген в скрытой (латентной) форме присутствует практически в половине исследованных партий.

Распознать признаки болезни во время вегетации, как правило, не просто, зато повсеместно известен симптом проявления на клубнях: болезнь проявляется в виде загнива-

ния по сосудистому кольцу клубня. Патоген проникает в клубни на ранних этапах клубнеобразования, часто поражение наиболее заметно со стороны лонной части. В конечном итоге развивается мокрая гниль, ткани клубня полностью разрушаются.

Черная ножка. Черной ножкой болезнь названа из-за характерного загнивания корневой системы в начале вегетации (рис. 2). Вызывают такое поражение несколько видов пектолитических бактерий родов *Pectobacterium* и *Dickeya*. Эти бактериозы широко распространены, а их симптомы хорошо известны всем производителям картофеля. В Европе по состоянию на 2019 год черную ножку картофеля вызывает комплекс бактерий из родов *Dickeya* (*D. dadantii*, *D. chrysanthemi*, *D. zeae*, *D. dianthicola*, *D. solani*) и *Pectobacterium* (*P. atrosepticum*, *P. carotovorum* subsp. *carotovorum*, *P. wasabiae*), также обнаружено, что картофель – растение-хозяин для *D. paradisiaca* [2, 3]. Основным источником инфекции – зараженные семенные клубни, необработанные места хранения картофеля; при мягкой погоде зимой источником могут быть зараженные растительные остатки в почве.

Вредоносность и распространенность черной ножки очень высока отчасти потому, что ее вызывают несколько видов, передающихся через семенной материал. В различные годы, в зависимости от погодных условий сезона, потери урожая от нее могут достигать 40–50%, а в годы эпифитотий – 80%.

Болезнь поражает все части растения и вредоносна во все фазы вегетации (рис. 3, 4). На вегетирующих растениях болезнь проявляется в форме увядания и гибели рост-



Рис. 2. Черная ножка: а – пораженный клубень, б – проявление на корнях, в – гниль стебля

ков, на более поздних этапах развития – в виде загнивания стеблей. На ранних этапах вегетации картофеля, при сильно инфицированных клубнях, пораженные ростки сначала теряют тургор, листья увядают, растение легко выдергивается из почвы. Корневая часть, как правило, сгнивает. Это отличительный признак черной ножки от ризоктониоза – при поражении ризоктониозом растение не выдергивается, а корневая часть даже при сильном поражении остается прочной. При медленном развитии болезни растение отстаёт в развитии, формируются немногочисленные мелкие клубни. Проявление на более поздних этапах вегетации в виде загнивания стеблей обычно происходит на уже развитых растениях, в условиях стрессовой для растений погоды: высоких температур и повышенной влажности. На стебле появляется слизистая «перемычка», стебель в этом месте переламывается и падает. К сожалению, такие симптомы проявляются, когда растение чаще всего уже сформировало клубни, то есть такие клубни уже стали источником инфекции: если инфекционный фон высокий, загнивание начнется в поле или при уборке. Если количество бактериальных клеток невысокое, клубни будут выглядеть нормально, но при использовании в качестве семенного материала становятся потенциальным источником бактериальной инфекции в следующем сезоне. Чем более стрессовыми для растений были условия, чем раньше проявляется бактериоз на стеблях, тем выше будет количество инфекции на клубнях нового урожая.

На клубнях болезнь проявляется в виде мокрой гнили. Перед уборкой или во время хранения на них появляются темные слизистые пятна, которые затем распространяются на всю поверхность клубня. Если такой клубень поместить в условия влажной камеры, загнивание произойдет в течение нескольких часов. Характерный запах, по которому обычно пытаются распознать бактериозы, появляется позже, когда в процесс гниения включаются другие почвенные микроорганизмы и вредители (например, нематоды).

Бурая бактериальная гниль. Возбудитель бурой гнили, или бактериального увядания картофеля – бактерия *Ralstonia solanacearum* (Smith) Yabuuchi et al. Этот вид бактериоза в России и странах Европы – карантинный объект и чаще всего проявляется в регионах с теплым климатом, поскольку оптимальная температура воздуха для развития бактерий 27 °С. Бурая гниль довольно широко распространена.

Первый симптом бактериальной гнили на растениях картофеля – увядание молодых листьев в дневное время. Оно прогрессирует, становится постоянным и приводит к задержке роста, пожелтению и гибели стебля. При срезании стебли выделяют из сосудистой ткани серо-коричневую бактериальную слизь – она образуется из-за массового размножения бак-

терий внутри растения, в проводящих сосудах. Опасность бурой гнили в том, что в почве она может сохраняться в течение нескольких лет. В последние годы бурая бактериальная гниль на промышленных посадках картофеля практически не встречается.

Источники инфекции и пути распространения бактериозов

Для того чтобы понимать, как бороться с патогенами, необходимо знать, где они сохраняются и какими путями передаются от больных растений к здоровым. Зачастую проблему с бактериозами создают сами производители, не подозревая, что сваленный рядом с хранилищем отбракованный после переборки картофель – источник инфекции. Но основной



Рис. 3. Выпады от бактериозов при избыточном количестве влаги в начале сезона (Тверская область, 2020 год)



Рис. 4. Поле, пораженное *Pectobacterium* sp. (Кемеровская область, 2018 год)

источник инфекции – все же семенные клубни. В лаборатории «Сингенты» ежегодно анализируется большое количество партий семенного картофеля различных репродукций, и статистика по зараженности бактериозами весьма печальна (табл. 1, 2).

Анализ показывает, что почти половина проверенного семенного материала имеет скрытую бактериальную инфекцию. А скорость размножения бактерий очень высока.

Погодные условия сезона 2017 года были благоприятными для развития бактериозов. Повышенная влажность и теплый сезон способствовали их развитию в полевых условиях. Исходный семенной материал содержал допустимое по ГОСТ 33996–2016 количество бактериальных клеток, однако даже этого небольшого количества оказалось достаточно, чтобы в итоге содержание бактерий в уро-

жае превысило все возможные допуски. Экспресс-метод, примененный для провоцирования проявления бактериозов, продемонстрировал наглядную картину реальной возможности загнивания партии картофеля при подобном уровне заражения (рис. 5).

Как же происходит заражение и распространение бактерий в течение вегетационного периода?

При посадке зараженного семенного материала растения, которые не погибли в начале вегетации и смогли вырасти, становятся потенциальным источником инфекции. При наличии большого количества влаги (как, например, было в начале сезона 2020 года – некоторые поля полностью были затоплены водой) бактерии из пораженного растения попадают в воду и способны заражать другие растения через повреждения. В период вегетации бактерии способны распространяться по полю с поливной водой;

Источником заражения также могут быть имеющиеся в поле растительные остатки, сорняки рода Пасленовые, падалица картофеля, содержащие бактерии. При высаживании картофеля бактерии могут попадать на проростки и, при наличии механических повреждений, заражать их уже в самом начале вегетации;

Бактерии, в отличие от патогенных грибов, практически не спо-

собны инфицировать неповрежденное растение. Для того, чтобы проникнуть в клубень или стебель, им необходимы «ворота» – повреждение тканей растения, нанесенное патогеном или механически. Именно поэтому распространению заболевания также способствуют различные вредители, особенно нематоды;

Механический способ передачи бактериозов также способствует их широкому распространению. Этот способ передачи в литературе никогда не считался основным, однако, с появлением более агрессивных штаммов бактерий, становится весьма значимым. Простой пример: если опрыскиватель работал на поле, пораженном бактериозами, то при его перемещении на незараженное поле вероятность заражения посадок очень высока. То же самое относится к отбракованному картофелю, лежащему возле хранилищ, или сливу воды после мойки картофеля: на колесах техники или на обуви персонала бактерии могут попасть в «чистое» хранилище, на семенной материал и заразить его;

К механическому способу относится и перезаражение при уборке картофеля. Один бактериальный клубень, «размазанный» по ленте транспортера, создает фон инфекции для всех последующих клубней. Если на коже имеются повреждения, то вероятность заражения высока, поэтому хорошо сформированная кожура – один из способов предотвращения распространения бактериозов;

Особую опасность представляет перезаражение растений в период вегетации. Если перезаражение здоровых клубней зачастую происхо-

Таблица 1. Встречаемость бактериозов в семенном материале картофеля (по данным лаборатории ООО «Сингента», Сколково), 2017–2018 годы*

Вид бактериоза	Встречаемость, % от общего количества проанализированных образцов	
	урожай 2018 года (285 образцов)	урожай 2019 года (267 образцов)
Кольцевая гниль (<i>Clavibacter michiganensis</i> subsp. <i>sepedonicus</i>)	43,9	28,3
Черная ножка (<i>Dickeya</i> spp.)	9,4	4,6
Черная ножка (<i>Pectobacterium</i> spp.)	56,7	45

* Анализ проводится методом ПЦР в реальном времени. Количество клубней в одном образце – не менее 50

Таблица 2. Содержание бактериальных клеток *Pectobacterium* spp. в семенном материале и после уборки урожая (Московская область, сорт ВР-808, РС-1), 2017 год*

Образец	Значение Ct (интерпретация данных ПЦР)	Содержание в образце, %
Исходный семенной материал	43,5	0,2
Полученный урожай	19,5	Более 15

* Анализ проводится через 45 дней после закладки на хранение методом ПЦР в реальном времени. Количество клубней в одном образце – не менее 50



Рис. 5. Гниль клубней, пораженных *Pectobacterium* spp., через 45 дней после закладки на хранение в провоцирующих развитие бактериозов условиях (Московская область, Коломенский район, сорт ВР-808, 2017 год)

дит через травмы и повреждения кожуры при уборке, то перезаражение растений в поле носит более массовый характер. Именно поэтому контроль болезней и вредителей (рис. 6) в период вегетации, хорошо сформированная кожура, щадящая уборка и отсутствие повреждений другими болезнями и вредителями – косвенный способ ограничить распространение бактериозов.

Меры сдерживания бактериозов

В отношении бактериозов нельзя сказать: примените вот этот способ/препарат/метод, и вы избавитесь от них навсегда! Сдерживание бактериозов – это комплекс мер, направленных на предотвращение их распространения, поддержку иммунитета растений, а также соблюдение грамотной агротехники и использование здорового семенного материала.

Семеноводческие мероприятия

Использование здорового посадочного материала, проверенного в сертифицированной лаборатории.

Фитопатологические прочистки (удаление больных кустов с поля) в период вегетации:

- первая – в период всходов при достижении растений высоты 25 см (черная ножка, карликовые растения);
- вторая – в фазу цветения (увядшие растения);
- третья – перед уборкой, за две-три недели, пока ботва зеленая.

Соблюдение требований ГОСТа к посадочному материалу. Наличие клубней, пораженных черной ножкой, допускается только в репродукциях РС-1 и РС-2 в количестве не более 1% (для кольцевой гнили допуск 1% в классе элита) по внешним признакам. В семенном материале классов ИМ (исходный материал), ППП (первое полевое поколение), ССЭ (суперсуперэлита) содержание указанных патогенов не допускается при анализе методами ПЦР и ИФА.

Агротехнические мероприятия

- Соблюдение севооборота (выбор предшественника: озимая пшеница, вико-овсяная смесь, свекла);
- Использование в севообороте сидератов (горчица и др.) позволяет снизить зараженность почвы;
- Внесение полных сбалансированных минеральных удобрений (особенно калийных);
- Внесение под корень 2%-го раствора кальциевой селитры в период вегетации позволяет сформировать более крепкую кожуру, которая будет препятствовать заражению при уборке;
- Посадка на семенных участках только целых клубней;
- Соблюдение «лечебного» периода для отбраковки зараженных клубней: 14 дней при температуре +14 °С с последующей переборкой до посадки и перед закладкой на хранение;
- Озеленение и светозакалка се-

менного картофеля перед закладкой на хранение;

- Удаление ботвы перед уборкой картофеля;
- Бережная уборка, уборка клубней с вызревшей твердой кожурой, без повреждений;
- Поддержание хорошего состояния растений в период вегетации.

Последний пункт требует более подробной расшифровки, поскольку зачастую он – один из ключевых в проблеме контроля бактериозов.

В естественной среде у растений есть иммунные механизмы, позволяющие сдерживать внешнюю инфекцию. В процессе вегетации растение может попадать под негативное влияние внешних факторов, условно называемое стрессом. Слишком низкие или высокие температуры, недостаток минерального питания, переувлажнение или дефицит влаги, воздействие агрессивных химических средств – все эти факторы заставляют растение активнее использовать внутренние резервы устойчивости, то есть иммунитет. Картофель – вегетативно размножающаяся культура и все внешние стрессы воспринимает как сигнал к более быстрому формированию следующего поколения, то есть клубней нового урожая. Соответственно, «жертвует» иммунитетом для защиты от стрессов, растение в меньшей степени сохраняет возможность сопротивляться воздействию патогенной микрофлоры. Неслучайно проявление как бактериальных, так и грибных патогенов наиболее активно проявляется во вторую половину вегетации, когда растение уже подверглось воздействию внешних факторов. Такие болезни, как альтернариоз и антракноз считаются болезнью «ослабленных растений» и проявляются чаще всего после цветения. Бактериоз – не исключение. Проявление бактериозов на стеблях обычно отмечается в фазу цветения, когда происходит активный рост клубней, соответственно, растение тратит свой потенциал на закладку урожая, ослабляя внутренний иммунитет. Поэтому, чем меньше стрессов растение испытывало до этого момента, чем лучше состояние ботвы, тем более устойчивым к развитию бактериозов будет картофель.

Фитосанитарные мероприятия

- Фумигация хранилищ;
- Дезинфекция тары 3%-ным раствором медного купороса или бакте-

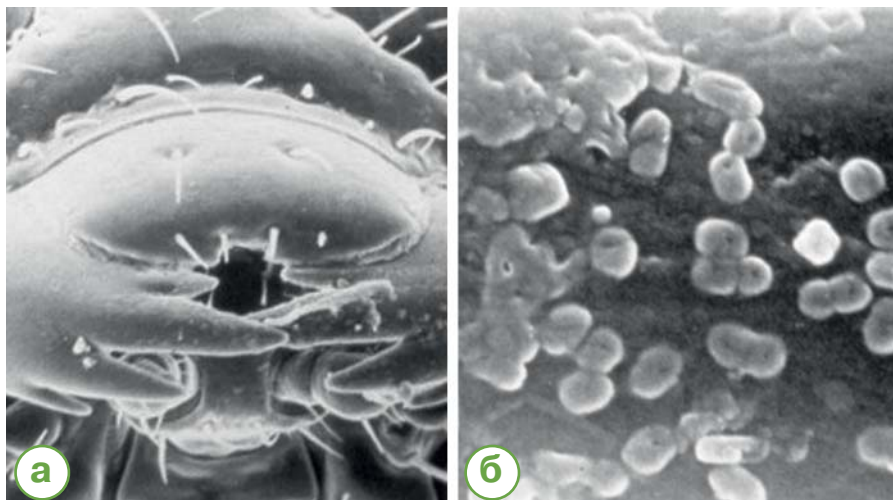


Рис. 6. Бактериальные клетки на ротовом аппарате колорадского жука, а – при меньшем увеличении, б – крупным планом

рицидными препаратами;

- Дезинфекция техники, которая работала на зараженных бактериозами полях, бактерицидными препаратами;

- Правильный режим хранения: (температура воздуха от +2 до +4 °С, относительная влажность 85–90%, интенсивная вентиляция).

Биологические и химические методы контроля бактериозов

Такие методы являются инструментом скорее сдерживания распространения бактериозов, чем их лечения. Их можно использовать для профилактики, но не стоит ждать чудес – зараженные растения вылечить невозможно. А вот ограничить распространение бактериозов они вполне способны. На рынке много производителей, которые обещают, что именно их препарат способен справиться с бактериозами сразу и навсегда. Увы, это невозможно, и расскажем чуть подробнее почему.

Биологические методы

Сейчас на рынке много компаний, предлагающих биопрепараты для контроля бактериозов в поле, но, к сожалению, лишь немногие дают грамотные рекомендации по применению своих продуктов.

Действительно, существует достаточно много научных исследований, доказывающих, что существуют микроорганизмы – антагонисты вредоносных бактерий, способные подавлять их развитие. Метаболиты (вещества, вырабатываемые в процессе жизнедеятельности) некоторых грибов и бактерий сдерживают развитие патогенов и сокращают их количество. Но! Если бы их заявленная эффек-

тивность была бы действительно такой высокой, проблема бактериозов была бы уже решена. К сожалению, для применения биологических средств защиты есть масса ограничивающих факторов.

Во-первых, большинство подобных исследований проводилось в лабораторных условиях, при стабильных внешних факторах. В полевых условиях биопрепараты могут не работать из-за слишком низких/высоких температур, недостаточной/избыточной влажности, недостаточной плодородности почвы, наличия конкурентных микроорганизмов и т.д. Да и транспортировать такие препараты нужно с соблюдением условий для поддержания жизни живых компонентов.

Во-вторых, биометод работает только при накоплении достаточного количества полезной микробиоты, то есть однократное применение не может быть эффективным сразу же после обработки, ведь полезные микроорганизмы должны размножиться, накопиться в достаточном количестве, чтобы создать конкурентную среду патогенным бактериям. Зачастую для этого требуется несколько лет планового внесения микробиоты в почву.

И третье. Заявленное количество пропагул микроорганизмов или содержание метаболитов в препарате далеко не всегда соответствует реальности, а проверить это можно только в специализированной лаборатории. Поэтому на сегодняшний день применение биологических средств защиты для подавления патогенных бактерий нельзя считать надежным способом их контроля.

Химические методы

- Обработка семенных клубней перед закладкой на хранение препаратом МАКСИМ® (0,2 л/т) или фуригация серными шашками – хороший способ сдержать распространение бактериозов в период хранения. Отмеченный прием не вылечивает больные клубни, но может предотвратить рост патогенных грибов и повреждение клубней (а повреждения, как мы помним, – «ворота» для инфекции);

- Контроль в период вегетации патогенов, вредителей и сорняков с помощью пестицидов. Сорняки – резервуары бактерий, а повреждения, наносимые растению патогенами и вредителями, – «ворота» для инфекции;

- Обработка растений в период вегетации медьсодержащими препаратами. Медь (и серебро) давно рекомендовала себя как отличный бактерицид. Это не метод лечения, поскольку бактерии находятся внутри растения, а медь обладает контактным действием, однако предотвратить распространение бактерий от больных растений к здоровым эти обработки позволяют, и накопление бактерий в семенном материале снижается.

Подытоживая вышесказанное, можно сделать вывод, что проблема бактериозов картофеля в ближайшее время не будет решена. Лишь небольшое количество производителей картофеля соблюдает меры контроля патогенов. На полях же большинства картофелеводов, к сожалению, ситуация с бактериозами с каждым годом становится все более сложной.

Библиографический список

1. Wale S., Platt B. Diseases, Cattlein N. Pests and Disorders of Potatoes. New York: Manson Publishing Ltd., 2008. 176 p.
2. Ерохина М.Д., Кузнецова М. А. Проблемы низкой чувствительности метода DAS-ELISA на основе поликлональных антител в диагностике патогенов, вызывающих черную ножку и мягкую гниль картофеля // Защита и карантин растений. 2019. № 11. С. 47–50.
3. Ерохина М.Д., Кузнецова М. А. «Черная ножка» – опасное для отечественного картофелеводства заболевание // Аграрная наука. 2019. Т. 3. С. 44–48.

Спиглазова Светлана Юрьевна,
канд. биол. наук, технический эксперт компании «Сингента»