

Вирусы на картофеле: вредоносность, пути распространения и методы контроля

Основные пункты, которые важно знать о вирусных патогенах картофеля и их особенностях.

Вредоносность вирусной инфекции для различных культур неоспорима, однако для картофеля это особая категория патогенов. В отличие от грибных болезней, вылечить пораженное растение невозможно. Это связано с биологическими особенностями вирусов, поскольку они являются неклеточными организмами, а также способны передаваться с помощью семенного материала. Методы контроля непрямые, требуется целый комплекс мер для сдерживания инфекции.

Для кого имеет значение вирусная инфекция?

Большинству картофелеводов, выращивающих столовый картофель, пораженность вирусной инфекцией не доставляет проблем, если они используют качественные семена. А вот производители семенного картофеля обязаны уделять внимание контролю вирусов, начиная с самых высоких репродукций. Если заражение произошло на стадии выращивания репродукций ССЭ или СЭ, то к моменту перехода в категорию массовых репродукций накопление вирусов приведет к значительному снижению качества семенного материала. Именно поэтому в ГОСТ 33996-2016 отдельно выделены нормы содержания вирусной инфекции для семенного материала высоких репродукций – ППП, ССЭ, СЭ. Однако знать пути распространения вирусов будет полезно всем производителям картофеля – хотя бы для того, чтобы уметь различить симптомы болезней и выбрать правильные методы контроля.

Вредоносность и способ размножения вирусов

Вредоносность вирусной инфекции заключается в снижении продуктивности картофеля, вырождению и потере качества. Для вирусов характерен облигатный паразитизм – это способность находиться в течение длительного времени только в организме хозяина, поэтому вирусы не могут существовать вне живого организма растения-хозяина или переносчика. Воздействие на растения заключается в способе размножения вирусов – в отличие от грибных и бактериальных патогенов вирусы используют для размножения материал ДНК растения-хозяина.

Вирус представляет собой неклеточный организм, состоящий из цепи РНК или ДНК, в белковой оболочке. При попадании на растение-хозяин, с по-

мощью специфических рецепторов вирус «прикрепляется» к клетке и «выпускает» свою ДНК/РНК внутрь клетки. Цепь вируса распадается на небольшие цепочки нуклеотидов и встраивается в геном растительной клетки, и меняет «программу»: вместо собственных белков клетка растения начинает производить генетический материал вируса. Фактически вирус использует материал растения для построения собственных белков. Постепенно количество вирусного материала в растении накапливается, и появляются новые полностью сформированные вирусы. Вновь образовавшиеся вирусные частицы различными способами переносятся на другие растения, и процесс повторяется. В большей степени от вирусной инфекции страдают культуры, имеющие вегетативный способ размножения – клубнями, вегетативными частями, отростками. При размножении семенами вирусы сохраняются только в зародыше, а вот вегетативные части растений содержат вирионы во всем растении. Именно поэтому «вылечить» вирусы невозможно – для этого надо убить и клетку растения-хозяина.

Классификация вирусов картофеля

Помимо истинных вирусов, к вирусным болезням традиционно относят еще два типа микроорганизмов: вириды и фитоплазмы. Вириод отличается от вирусов отсутствием белковой оболочки, т.е. фактически этот патоген состоит только из цепочки РНК. Единственный известный вириод растений – это вириод веретеновидности клубней картофеля (ВВК). Фитоплазмы, напротив, устроены сложнее чем вирусы. Они имеют трехслойную мембрану, а также содержат одновременно ДНК и РНК – то есть по строению они ближе к бактериям, чем к вирусам. Однако по способу распространения и проявлению на растениях их классифициру-

Историческая справка

Первым открытым вирусом растений был вирус табачной мозаики. Авторство открытия принадлежит русскому ученому-микробиологу Дмитрию Иосифовичу Ивановскому: в 1892 году, экспериментируя с бактериями, он выделил еще более мелкий патоген, которым и оказался ВТМ. Это открытие считается началом даты становления вирусологии.

ют как вирусные болезни. Наиболее распространенные фитоплазмы – красновершинность картофеля, столбур пасленовых (рис. 1). В отличие от вирусов, основными переносчиками фитоплазм являются цикадки.

В настоящее время на картофеле насчитывается около 40 фитопатогенных вирусов, однако хозяйственно значимыми для РФ являются несколько основных: вирус Y (PVY), вирус X (PVX), вирус M (PVM), вирус S (PVS), вирус скручивания листьев картофеля (PLRV), вирус A (PVA), моп-топ вирус. Но статистика показывает несколько другую картину: в лаборатории компании «Сингента» ежегодно анализируется более 300 образцов семенного материала картофеля, и самыми распространенными являются вирусы PVY, PVS и PVM. Гораздо реже встречается вирус PVX, а вот вирус PVA за последние годы не встречался в образцах ни разу.

Прежде чем перейти к описанию отдельных вирусов, нужно разобраться в их классификации. Как таковой морфологической классификации не существует, вирусы в большей степени подразделяются по вредоносности и способам распространения.

По степени вредоносности условно выделяют «тяжелые» и «легкие» вирусы. К тяжелым относят те, которые вызывают наиболее заметное влияние на урожайность и качество картофеля. К таким вирусам относят PVY, PLRV, вириод веретеновидности клубней. «Легкие» вирусы не вызывают столь значительных повреждений растений, однако способны «усилить» действие «тяжелых» вирусов, а также снижать иммунитет растений.

По способу распространения классификация несколько сложнее. Несколько характеристик, которые входят в понятие «распространение», определяют методы контроля вирусной инфекции. В первую очередь это способ, которым вирус передается от растения к растению. Среди способов распространения есть контактная передача, с помощью векторов-переносчиков (насекомые, грибы, нематоды), с помощью орудий труда.

В **таблице 1** представлены основные характеристики наиболее распространенных вирусов – вредоносность и способы передачи.

Еще один важный фактор – как долго переносчик является инфекционным. В зависимости от времени, в течение которого вирусы способны со-

хранять инфекционность в организме переносчика они делятся на:

- **персистентные** (PLRV) – насекомое-переносчик получает вирус, который в течение длительного времени размножается в организме, но затем вирус находится в переносчике в пожизненно, иногда передаваясь потомству;
- **неперсистентные** (PVY, PVM, PVA, PVF) – это вирусы, не требующие латентного периода, находящиеся в переносчике очень короткое время, но передающиеся переносчиком сразу от больного растения к здоровому
- **полуперсистентные** (PVM) – сохраняются в теле переносчиков от 24 часов до трех дней. Не имеют латентного периода в теле переносчика и не сохраняются после линьки. Такие вирусы приобретаются переносчиками только после длительного питания на растении, но при этом быстро теряют инфекционность

Если объяснить простыми примерами, то персистентные вирусы долго проникают в организм переносчика, но становятся его частью – поэтому инфекционность сохраняется пожизненно. Неперсистентные вирусы не попадают внутрь организма переносчика, они содержатся только в клеточном соке растений, который попадает на ротовой аппарат тли. Соответственно, как только количество инфицированной растительной ткани заканчивается, переносчик перестает быть источником вируса. Однако это же осложняет контроль переносчиков, поскольку инфекционность наступает сразу же после укуса растения.

Проявление вирусной инфекции на растениях

Вирусы, как облигатные паразиты, не вызывают быстрой гибели растений – это их отличает от грибных и бактериальных болезней. В основном симптомы проявляются в виде мозаики, угнетения роста, деформаций отдельных частей растений, изменению формы или окраски клубней. Зачастую разные вирусы вызывают сходные симптомы – например, мозаику листьев могут вызывать вирусы PVY, PVX, PVM, PVS, PVA. А уж какой вид мозаики проявился – складчатая, морщинистая или крапчатая – может определить только лабораторный анализ, особенно при совместной инфекции несколькими вирусами. Наиболее опасные вирусы могут



Рис. 1. Симптомы вириода ВК и фитоплазмы: а – вириод веретеновидности клубней; б – красновершинность (поражение фитоплазмой); в – нитевидность ростков (поражение фитоплазмой)

ПЛЕНУМ® ОТСЕИВАЕТ ЛИШНЕЕ



ПЛЕНУМ® — системно-трансламинарный инсектицид с контактно-кишечной активностью для защиты овощных культур защищенного грунта и картофеля от сосущих вредителей, рапса от рапсового цветоеда.

ПЛЕНУМ® малоопасен для опылителей и полезной энтомофауны.



 Пленум®

syngenta®

Агроподдержка
Сингенты

Получите совет эксперта



syngenta.ru



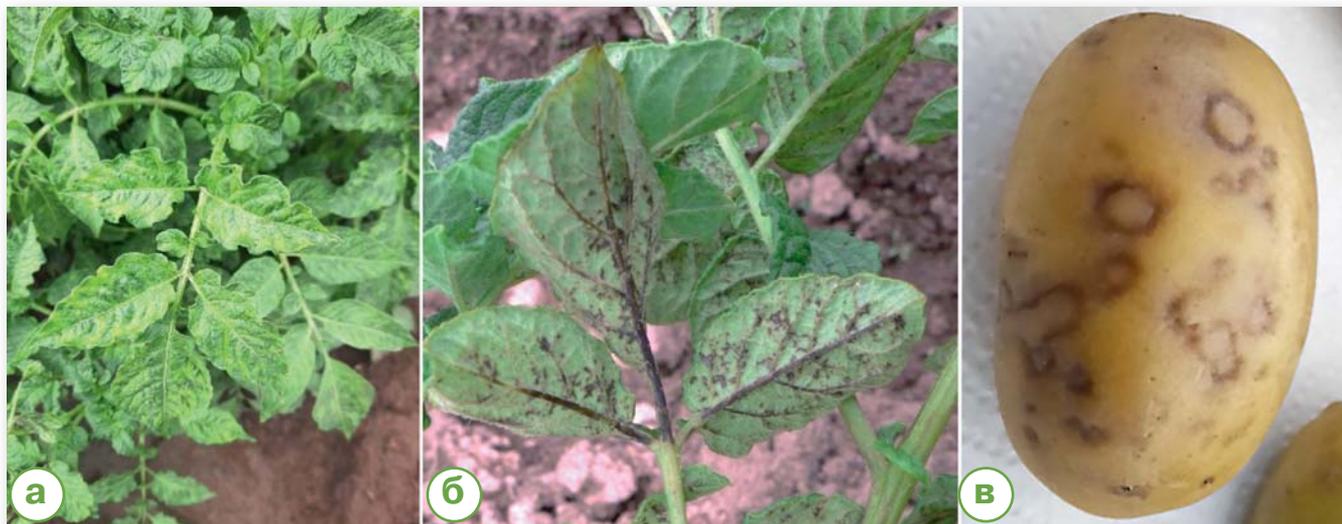


Рис. 2. Примеры проявления штаммов PVY: а – складчатая мозаика; б – некроз жилок; в – некроз клубней

поражать не только вегетативную часть, но и вызывать поражение клубней. Например, вирус PVY имеет несколько штаммов: Y^N некротический (некроз жилок), Y⁰ (различные виды мозаики листьев), Y^{NTN} (некроз клубней), Y^C (пожелтение листьев) - примеры на рис. 2.

Пытаясь определить вирусную инфекцию в поле, важно помнить, что симптомы других повреждений могут выглядеть похоже на вирусы. Например, некоторые виды недостатков питательных веществ или повреждение гербицидами имеют схожие симптомы. Это важно, например, при проведении фитопрочисток – можно ошибочно удалить здоровые растения. Самый частый пример – мозаика или деформации листьев из-за избыточных доз римсульфурана выглядит очень похоже на вирусную инфекцию (рис. 3). Отличить одно от другого достаточно просто – вирусная инфекция крайне редко имеет массовое проявление и проявляется на отдельных растениях, а физиологические повреждения или фитотоксичность носят массовый характер.

Диагностика вирусной инфекции

Методы диагностики вирусов различаются для определения в поле и идентификации на клубнях.

Визуальная оценка

Используется в основном для полевых обследований семенных посадок. Оценивают внешний вид растений, наличие деформаций и окраски листьев, изменение габитуса растений.

Молекулярная диагностика

ИФА/ELISA (иммунно-ферментный анализ). Метод основан на выявлении вирусных белков с помощью специфических антител. Данный метод используют для проверки больших объемов посадочного материала. Также этот метод применяют в экспресс-тестах для диагностики вирусов в поле.

ПЦР (полимеразно-цепная реакция). Метод основан на идентификации уникальной последовательности нуклеотидов, характерных для того или иного организма. Данный метод позволяет с высокой точностью определить наличие вируса в исследуемом материале, и позволяет выявлять вирусы даже при латентной инфекции.

У каждого из этих методов есть свои плюсы и минусы, определяющие выбор для его использования. Метод ПЦР является более дорогостоящим, но при этом имеет высокую точность и может применяться для диагностики на высушенных или замороженных растительных образцах. Также это единственный метод, позволяющий диагности-



Рис.3. Симптомы деформации листьев и мозаики от повреждения гербицидами и вирусов на картофеле: а – повреждение гербицидами; б – проявление вирусов

Таблица 1. Основные характеристики наиболее распространенных вирусов

Возбудитель	Вредоносность	Пути передачи
Вирус Y (PVY)	Снижение урожайности до 80%. Снижение содержания крахмала на 1,8%. Некроз клубней.	Тли, контакт
Вирус X (PVX)	Снижение урожайности до 25%, снижение содержания крахмала на 1,6%	Гриб <i>Synchytrium endobioticum</i> (рак картофеля), контакт
Вирус S (PVS)	Снижение урожайности 10-25%, при совместной инфекции с PVY – снижение содержания крахмала на 2,6%	Тли, контакт
Вирус M (PVM)	Потери урожая до 45%. Снижение содержания крахмала на 1,5-2%	Тли, контактно
Вирус A (PVA)	Снижение урожайности на 20-40%	Тли, контакт
Вирус скручивания листьев (PLRV)	Снижение урожайности на 20-70%	Тли, контакт
Вироид веретеновидности клубней (PSTV)	Снижение урожайности на 20-70%, снижение товарности клубней до 100%	Тли, клопы, цикадки, контакт
Фитоплазма Пурпурность верхушек	Снижение урожайности на 40-70%, товарность клубней, снижение всхожести, «нитевидность» ростков	Цикадки, повилика
Фитоплазма Столбурное увядание	Снижение урожайности на 31-50%, товарность клубней	Цикадки

ровать виroid веретеновидности клубней. Метод ИФА значительно дешевле и подходит для анализа больших объемов растительного материала и почтовой диагностики, но при этом имеет меньшую точность, не используется для идентификации карантинных объектов и недостаточно точно выявляет латентную инфекцию. Кроме того, ИФА может применяться только на свежих растениях, что ограничивает сезонность его применения.

Переносчики вирусов и фитоплазм

Основной способ передачи вирусов от растения к растению – переносчики. Процент передачи контактом или орудиями труда гораздо ниже, чем передача живыми векторами. Переносчиками могут быть грибы, нематоды, насекомые (тли, клещи, цикадки). Основным первичным источником – зараженные семенные клубни, поэтому именно зараженные растения на поле становятся первопричиной распространения вирусов. Но также источниками инфекции-резервуарами – могут быть сорняки, падалица картофеля и т.д. Тема переносчиков сама по себе достаточно объемная, но это важно, поскольку только контролем распространения можно сдерживать вирусную инфекцию.

Основной способ передачи вирусов – сосущие вредители тли и цикадки. Цикадки переносят только фитоплазмы, а вот тли являются переносчиками большинства вирусов.

Всего существует достаточно много видов тли (*Aphids*), однако только некоторые из них являются переносчиками. В РФ выявлено несколько видов, распространенных в зонах выращивания картофеля. У каждого вида есть так называемый коэффициент вредоносности, который определяет процент случаев, когда носитель является инфекционным и переносит несколько вирусов одновременно. Например:

- зеленая персиковая тля – 1;
- крушинная тля – 0,4;
- крушинниковая тля – 0,4;
- обыкновенная картофельная тля – 0,4
- черная бобовая тля – 0,1

Зеленая персиковая тля считается самым опасным переносчиком, потому что способна перенести самое большое количество вирусов. Для мониторинга вредителей в сезон используют разные виды ловушек: клеевые, водяные, но определить, какой именно вид «попался», практически невозможно.

Именно поэтому для понимания сроков переноса вирусов следует опираться на данные о биологии тлей и условиях сезона вегетации. Рассмотрим на примере зеленой персиковой тли. Осенью самка тли откладывает яйца на растение-хозяин, из которых весной выходят самки-основательницы. Размножение продолжается на растении-хозяине, на нем развиваются бескрылые и крылатые особи, которые и начинают расселение на вторичного хозяина – в нашем случае на картофель. При этом начало заселения картофеля зависит от того, какой цикл имеет тля. В южных регионах тля проходит полный цикл развития благодаря наличию растения-хозяина – персика. В более холодных северных регионах и в горных районах цикл развития является неполным, и благодаря этому летающие особи появляются гораздо позже. По исследованиям в начале сезона, в момент появления всходов картофеля чаще всего встречаются зерновые тли, которые не колонизируют картофель. А вот всплеск развития именно переносчиков приходится на более теплый сезон – в середине лета. При этом есть два момента, осложняющих мониторинг тли – во-первых, определить вид тли очень сложно, и понять, какая именно разновидность появилась не представляется возможным. Во-вторых, время размножения и начало лета переносчиков не является какой-то постоянной характеристикой и очень зависит от условий сезона.

Методы контроля вирусов

Исходя из биологии вирусов, методы контроля не могут быть прямыми – вылечить зараженное растение невозможно, следовательно, основным способом контроля остается предотвращение заражения и распространения патогенов.

Семеноводческие мероприятия

Использование безвирусного семенного материала, полученного из апикальных меристем, – основа получения здорового картофеля. Семеноводческие компании тщательно контролируют наличие и количество инфекции в семенном материале высоких репродукций, не допуская его накопления. При этом сделать анализ семенного материала может каждый картофелевод, покупающий семена или выращивающий собственный семенной материал – в РФ много аккредитованных лабораторий, предоставляющих такую возможность. Фитопрочистки – также один из приемов,

Таблица 2. Типы действующих веществ инсектицидов и их эффективность против тлей и цикадок

Препарат	Тип действия	Эффективность против вирусов	
		PLRV (персистентный)	PVY (неперсистентный)
Неоникотиноиды (тиаметоксам, имидаклоприд, клотианидин, и др.)	контактно-кишечное и кишечное и системное	Высокая	Низкая
Пиретроиды (лямбда-цигалотрин, дельтаметрин и др.)	Контактно-кишечный	Высокая	Средняя
Пиридинкарбоксамиды (пиметрозин)	Системный, остановка питания	Высокая	От средней до высокой
Тетрановые кислоты (спиротетрамат)	контактно-кишечное, системное	Высокая	Низкая
Фосфорорганические соединения (диметоат и др.)	контактно-кишечное, системное	Высокая	Низкая

позволяющих заранее удалить с поля зараженные растения. Однако их проведение сопряжено с определенным риском – при высокой зараженности и при густой ботве вероятность передачи вируса контактным способом возрастает.

Агротехнические мероприятия

Комплекс приемов позволяет снизить вероятность заражения вирусами. Прежде всего это пространственная изоляция посадок картофеля от возможных источников вирусной инфекции – зараженных посадок, огородов, заросших сорняками полей. Для высоких репродукций используют буквально физические препятствия – тоннели из плотного укрывного материала, выращивание в закрытых теплицах или изолированные площадки вдали от основных полей. Для больших площадей можно использовать посадки «кулисных» культур, сдерживающих миграцию переносчиков (кукуруза, зерновые и др.), которые непривлекательны для тли или препятствуют ее лету. Наличие технологической колеи также позволяет сдерживать распространение вирусов, предотвращая контактную передачу с помощью техники. Севооборот имеет не столь большое значение, однако если используется чередование «картофель-картофель», возрастает вероятность сохранения вирусов в падалице картофеля. Выросшие из перезимовавших клубней растения могут стать источником инфекции для здоровых растений. Также важно проводить борьбу с сорняками, поскольку они являются резерваторами вирусов и фитоплазм.

Химический метод

Химический метод борьбы с инфекцией подразумевает не лечение больных растений, а контроль переносчиков вирусной инфекции. И здесь следует вспомнить про скорость передачи вирусов, поскольку от этого зависит эффективность защиты. Контроль персистентных вирусов достаточно эффективен, поскольку от момента попадания вируса в организм переносчика до момента, когда он становится инфекционным проходит довольно много времени. Кроме того, гибель переносчика останавливает распространение инфекции. Гораздо сложнее ситуация с переносчиками неперсистентных вирусов. Переносчик становится инфекционным сразу же после контакта с больным растением, хотя и остается вирулентным недолго. Большинство препаратов не имеют мгновенного «нокдаун-эффекта» на насекомых, и тля может перезаразиться довольно много растений прежде, чем погибнет. В **таблице 2** приведена эффективность имеющихся на рынке действующих веществ инсектицидов на переносчиков.

Поэтому выстраивание системы контроля переносчиков должна учитывать как тип передачи, так и периоды активности переносчиков. На начальных этапах вегетации (кроме южных регионов) достаточно присутствия системного инсектицида в протравителе (неоникотиниды) + обработка пиретроидами для контроля первых особей. Краевые обработки позволяют сдерживать первых переносчиков, особенно если имеются заросшие сорняками площади. В период повышения температуры и возможного активного лета переносчиков рекомендуется проводить регулярные обработки препаратами, имеющими быстрое действие на переносчиков. Среди перечисленных препаратов наиболее быстрое действие имеют пиретроиды (**KAPATE®** Зеон) и пиметрозин (препарат **ПЛЕНУМ®**). Однако пиретроиды обладают только контактным действием, и контролируют лишь имеющиеся на поле особи тли. **ПЛЕНУМ®** обладает длительным системным действием, оставаясь в растении в течение 14-20 дней. После попадания в организм насекомого он очень быстро останавливает питание. Тля остается живой в течение еще некоторого времени, однако теряет способность питаться, и, следовательно, переносить инфекцию. Это позволяет сдерживать все типы вирусов – персистентных и неперсистентных.

Выводы

В целом система применения инсектицидов для контроля переносчиков должна быть построена на следующих принципах:

- использование эффективных против переносчиков препаратов с момента посадки картофеля;
- дополнительным приемом может быть использование минеральных масел, однако их использование имеет ряд ограничений и не может быть единственным методом контроля;
- учитывать периоды активности переносчиков и их биологические циклы;
- чередовать препараты с различными механизмами действия для предотвращения снижения чувствительности у насекомых;
- на семенных посадках обработки должны проводиться каждые 7-10 дней, с чередованием препаратов из разных химических классов.

Контроль вирусной инфекции обеспечивается не каким-то одним приемом, а комплексом мероприятий. В условиях, когда семеноводство стало исключительно внутренним ресурсом, получение безвирусного семенного картофеля становится обязательным мероприятием для всех, кто хочет получать качественный семенной материал.

Спиглазова Светлана Юрьевна, канд. биол. наук, технический эксперт по картофелю ООО «Сингента»