

УДК: 632.3 : 632.915

Стратегия и тактика борьбы с вирусными болезнями растений на примере картофеля

Трускинов Э. В.

В статье дан концептуальный взгляд на проблему борьбы с вирусными болезнями растений. Приводится выбор основных стратегических мер с учетом биологии размножения растения — хозяина и особенности распространения вирусной инфекции. К ним относятся профилактические меры, связанные с семеноводством на безвирусной основе, селекция на вирусоустойчивость и биотехнологические методы оздоровления и размножения безвирусного материала. С данными направлениями в основном связаны тактические приемы его получения.

Ключевые слова: вирусные болезни растений, защита растений.

Strategy and tactics for control of viral diseases of plants for example potatoes

Truskinov E. V.

Strategy and tactics for control of viral diseases of plants for example potatoes
The article offers a conceptual approach to the problem of control of viral diseases of plants. It is a selection of key strategic measures, taking into account biology of the host plant and features of viral infection. These include preventive measures related to seed production in virus-free basis, breeding for virus resistance and biotechnological methods of health promotion and propagation of virus-free material. These areas are mainly associated tactics of its receipt.

Keywords: viral diseases of plants, plant protection science

В 2012 г. исполнилось 120 лет со дня выхода в свет работы Д.И. Ивановского «О двух болезнях табака», опубликованной в 1892 г. в журнале «Сельское хозяйство и лесоводство» (№ 3). 14 февраля этого же года он сделал доклад в Академии наук на означенную тему. С этого времени собственно и начинается отсчет зарождения новой науки вирусологии. Мозаичная болезнь

табака оказалась первой, причисленной к новым типам патологий растений, названных потом вирусными, а вирус табачной мозаики (ВТМ) стал самым первым модельным объектом вирусологии, из которой можно сказать, с самого начала выделилась фитовирусология — наука о вирусных болезнях растений.

Открытие природы вирусных заболеваний не означает, что их не знали, не описывали до этого. Вирусные болезни картофеля были известны задолго до того, как были открыты сами вирусы в конце 19 века Ивановским и Бейеринком. Инфекционная природа так называемых болезней вырождения картофеля стала ясна еще за 100 лет до этого в Англии, а затем в других странах Европы, куда была завезена эта культура. Предпринимаемые уже тогда меры борьбы с ними: фитосанитарные — по выбраковке больных растений, селекционные — по выведению новых более устойчивых к инфекции сортов, позволили культуре картофеля выжить и стать одним из самых важных источников продовольствия, корма и технического сырья в мире.

Борьба с вирусными болезнями, несмотря на свою долгую историю, имеет свое продолжение и в настоящее время, и вряд ли ей предвидится конец, пока существуют их возбудители — вирусы. Поскольку вирусы в биосфере и биологической эволюции вечны и, видимо, выполняют какую-то, не только отрицательную, но и положительную функцию в мире живого, это дало нам повод еще 20 лет назад выдвинуть тезис: бороться не с вирусами как таковыми, а с вирусными болезнями [4]. Сложность и очевидная бесперспективность борьбы, направленной на уничтожение вирусов, связана с особенностями их биологии и пока еще не до конца понятого эволюционного значения. Это обусловлено, во-первых, крайней степенью облигатного паразитизма не только на организменном и клеточном, но и на генетическом уровне, когда агент вторгается непосредственно в наследственный аппарат клеток растения-хозяина, приводя к вирогении, по типу лизогении умеренных фагов [3].

Во-вторых, борьба с отдельными вирусами осложняется еще тем, что часто они присутствуют в поражаемом организме в комплексе с другими вирусами и патогенами, вступая друг с другом и растением-хозяином в неоднозначные отношения. Положительный синергизм такой смешанной инфекции может иметь самые вредные последствия для хозяина, тогда как их, так называемая отрицательная, интерференция приводит к ослаблению или полному отсутствию видимых симптомов заболевания. При этом возможна естественная и искусственная преимунизация на штаммовом уровне, когда слабопатогенные штаммы работают против более вредоносных и вирулентных.

Срабатывает так называемый механизм перекрестной защиты или приобретенного иммунитета.

В-третьих, существование и распространение вирусов в природе, в био- и агроценозах таково, что круг их хозяев в принципе не ограничен, а избавиться от них ту или иную культуру практически невозможно из-за векторного переноса многих вирусов. В сохранении вирусов в природе большее значение имеют бессимптомные или слабо поражаемые хозяева, в том числе сорные растения-резерваты, чем сильно поражаемые сорта сельскохозяйственных культур.

Наконец, сложность борьбы с вирусной инфекцией определяется также тем, что сами вирусы существенно различаются по своей биологии, кругу хозяев, способу передачи, наконец, патогенности и экономическому значению. Есть вирусы, наносящие серьезный вред культурным растениям, а есть такие, чья роль в причинении ими какого-либо ущерба почти незаметна. Это, безусловно, надо учитывать при выборе тактических мер борьбы с теми или иными вирусами.

При борьбе с ними безусловное значение имеет и способ размножения растений. Наиболее подвержены вирусному вырождению вегетативно размножаемые культуры, картофель, плодово-ягодные, которые можно в ряде случаев оздоровить через семенной способ воспроизведения, хотя это связано, как правило, с потерей сортовых качеств. Несколько лучше обстоит дело с растениями, размножаемыми генеративно, хотя некоторые вирусы все-таки передаются семенами, например, у бобовых культур, но и им вирусная инфекция, занесенная переносчиками во время вегетации, часто наносит ощутимый вред. Так что естественный биологический способ оздоровления ботаническими семенами, иногда заметный при вегетативном способе размножения, для семенных культур не столь очевиден.

Каковы же должны быть, как нам представляется, современные стратегические подходы при выработке и применении системы борьбы с вирусными болезнями растений? Во-первых, эта борьба должна быть действительно системной и комплексной, и направлена не на один какой-либо вирус, каким бы опасным он не был, а на всю основную, экономически значимую группу вирусов, поражающих ту или иную культуру. Выведение сортов, устойчивых к отдельным вирусам, не решает проблему вирусного поражения их в целом. При таком комплексном подходе должны быть использованы все известные виды устойчивости от крайних форм ее проявления до сверхчувствительности. Не следует пренебрегать и умеренными, средними формами проявления

полевой устойчивости, а также толерантностью как особым приспособительным видом устойчивости, приемлемым как для хозяина, так и для паразита. Биологический механизм толерантного типа устойчивости пока изучен недостаточно. Потенциальная и реальная инфекционная опасность внешне здоровых сортов-носителей вирусов для сортов, чувствительных ко всякой вирусной инфекции, должна, конечно, учитываться в селекционной и семеноводческой работе, а также при поддержании клоновых коллекций. Однако существуют вполне апробированные и эффективные способы нейтрализации такой опасности, предусмотренные интегральной системой защиты картофеля (изоляция посадок, борьба с переносчиками инфекции и т.п.). К тому же явно восприимчивые и не приспособленные к вирусам сорта все равно долго в производстве не задерживаются.

Во-вторых, борьба с вирусными болезнями, так или иначе, должна быть совмещена с общей интегрированной системой защиты растений, в том числе и от других болезней, включая бактериальные и грибные. Так один фитофтороз способен сгубить урожай любого вирусостойчивого сорта, если у него нет естественной иммунной сопротивляемости к грибной инфекции или по отношению к нему не применяются меры искусственной, в частности химической защиты от нее. Химические методы борьбы важны и против переносчиков вирусов, особенно персистентных, с циркулятивным способом размножения в организме переносчиков.

И, в-третьих, создать на основе имеющегося мирового генофонда растительных ресурсов некий идеальный, с точки зрения производителя, сорт в принципе и практически не реально. Поэтому современное растениеводство должно быть ориентировано не столько на сорта-рекордисты, дающие в определенных условиях супервысокие урожаи, но быстро сходящие с производства из-за неблагоприятных факторов среды, сколько на экологически пластичные сорта-средняки, обеспечивающие стабильный средний урожай в течение не одного десятка лет в достаточно отличающихся условиях среды. Вопрос, какие сорта, интенсивного или экстенсивного типа должны возделываться в условиях того или иного региона РФ может решаться, очевидно, как на основе реальных возможностей, так и экономической целесообразности. Исходя из этого же, следует решать задачу, что предпочтительнее: частая ли селекционная сортосмена, или регулярное семеноводческое сортообновление материала, проверенного временем и с хозяйственно ценными показателями.

Переходя к конкретным мерам борьбы с вирусными болезнями растений, следует изначально разделить их на принципиально отличающиеся, но во многом связанные между собой: естественные, биологические и искусствен-

ные, технологические. К биологическим мерам оздоровления надо отнести размножение, например, картофеля истинными, ботаническими семенами. Культуры с генеративным способом размножения также, как правило, имеют естественный механизм оздоровления семенами за исключением тех вирусов, которые ими передаются. Другое дело, что некоторые вирусы могут оказывать отрицательный эффект на семенную продуктивность, к тому же отсутствие истинной генетической передачи через семена не исключает передачи вирусной инфекции через зараженность растительными остатками семенных покровов и тогда возможна их дезинфекция.

Идея перевода картофеля на генеративный тип воспроизведения ботаническими семенами далеко не нова. Она основана на ряде преимуществ такого воспроизводства перед вегетативным, клоновым размножением, среди которых не последнее, если не первое, место отводится отсутствию передачи вирусов через истинные семена. Само по себе это явление действительно имеет место быть, но не для всех вирусов. Некоторые вирусы картофеля, в частности из числа андийских (АЛВК, ТВК и др.) передаются как клубнями, так отчасти и семенами. Даже в отношении известных вирусов мозаичной группы, таких как МВК, УВК, имеются данные о возможной передаче их семенами. Правда, до конца, не выяснено является ли это результатом наследственной передачи через зародыши семян или инфекция остается лишь на их покровах. Почти 100% передача через семена выявлена у вириода веретенovidности клубней картофеля (ВВКК).

Большую проблему представляет для данного способа борьбы с вирусами необходимость специальной селекционной программы по выведению сортов с обильным ягодообразованием и хорошей семенной продуктивностью, т.к. не все сорта хорошо цветут, некоторые вообще стерильны и приспособлены только для вегетативного размножения. Сорта эти должны по возможности давать достаточно однородное семенное потомство, т.е. быть генетически мало расщепляющимися, что при их высокой гетерозиготности достичь не так просто. Кроме специальной селекции такие сорта нуждаются в особой системе агротехники и семеноводства. Все это не позволяет данному методу заменить стародавний, традиционный способ воспроизводства картофеля клубнями, хотя определенные достижения в этом направлении имеются и к идее получения клубней через семена периодически возвращаются. Технология такого получения достаточно трудоемка при крупномасштабном производстве, но может быть вполне пригодна для мелких хозяйств и огородников.

К искусственным мерам борьбы с вирусными болезнями относятся профилактические, терапевтические, селективные и современные биотехнологи-

ческие методы оздоровления, включая геноинженерные способы конструирования вирусоустойчивости. Профилактические меры в основном связаны с оригинальным или первичным семеноводством на безвирусной оздоровленной основе. Особенно хорошо они разработаны на картофеле и включают целый комплекс мер: изоляционные, борьбу с переносчиками, агротехнические (выбор сроков посадки и уборки, борьба с сорняками и др.), селективные (клоновые отборы), биотехнологические (оздоровление и размножение в культуре *in vitro*). Вместе с тем главным магистральным путем борьбы с вирусной инфекцией остается селекция на вирусоустойчивость. Это направление насчитывает уже не одно десятилетие, перешагнув из одного столетия в другое. За это время выведено и передано в производство немало сортов с высокой степенью устойчивости к отдельным вирусам.

Тем не менее, проблема комплексного иммунитета к вирусам как стояла раньше, так и стоит до сих пор. Источников генов крайней устойчивости и сверхчувствительности к важным вирусам с доминантным моногенным типом наследования не так много. Традиционные, гибридологические методы селекции вирусоустойчивых сортов, при всей своей разработанности в отношении отдельных вирусов, требуют все же большой затраты сил и времени. Как минимум несколько, а то и десятков лет, требуется для создания сорта на основе межвидовой гибридизации с требуемыми хозяйственными характеристиками, включая и устойчивость к вирусам. Преодоление нескрещиваемости между видами, возвратное окультуривание гибридов через серию беккроссов, испытаний и отборов значительно осложняет и затягивает селекционный процесс.

Определенные надежды связывались в свое время с соматической гибридизацией не только как со способом преодоления генетических барьеров при отдаленной половой гибридизации, но и как методом вовлечения в селекцию новых генов устойчивости к вирусам. Однако природу не обманешь, и то, что не скрещивается естественным путем, трудно заставить нормально вегетировать и плодоносить при искусственном слиянии клеточных протопластов. Хотя межвидовые и даже межродовые соматические гибриды у картофеля получены, но среди них не оказалось пока материала, который можно было бы довести до клонируемого сорта.

Методически более изощренными и практически гораздо более эффективными оказались трансгенные технологии в селекции, когда в геном того или иного выведенного и хозяйственно выверенного сорта путем генетической трансформации вводятся определенные гены, способные улучшить то или иное его качество. Относительно вирусов картофеля это, конечно, достаточно

четкая определяемая устойчивость к ним. В настоящее время существуют несколько конструктивных подходов к решению этой проблемы. Принципиально они различаются по двум основным критериям получения устойчивости: или от самого патогена, или от растения-хозяина. В первом случае, наиболее часто используется ген, кодирующий синтез покровного белка того или иного вируса. Достигаемая при этом устойчивость к нему сродни механизму перекрестной защиты, вырабатываемой при искусственном заражении растений каким-либо слабопатогенным вирусным штаммом, защищающим их от более патогенных штаммов или близкородственных вирусов. Имеются и другие генные конструкции, связанные непосредственно с вирусами, их способностью заражать, реплицироваться, перемещаться в растении, которые также способны блокировать вирусную инфекцию при трансформации (гены, кодирующие синтез белка вирусной репликазы, транспортный белок и др.). При этом тот или иной эффект защиты во многом зависит от специфики вируса и вирусной нагрузки.

Другим возможным методом, более органичным и перспективным, как нам представляется, для трансгеноза, является перенос генов устойчивости от самих растений. Уже упомянутые гены устойчивости, например, к вирусам картофеля ХВК, АВК, УВК и др. генетически картированы и локализованы в определенных хромосомах. Выделенные и перенесенные в уже готовые хозяйственно ценные сорта, они могут быстро и существенно улучшить их в плане придания им желаемой вирусостойчивости, причем без обычного для традиционной селекции балласта сопутствующих нежелательных, диких признаков. При этом, безусловно, встает проблема должной вставки и экспрессии трансформируемых генов. Что касается биобезопасности таких трансгенных растений, то они, в этом отношении, мало чем должны отличаться от обычных гибридных растений, включивших в себя эти же гены путем обычной интрогрессии. Примером действительно генетически модифицированных растений могут служить растения, в чей геном вставляются подлинно чужеродные гены. Так путем трансгеноза был вставлен в картофель мышинный ген 2—5 олигоаденилат синтетазы, вызывавший у ряда растений повышенную устойчивость к некоторым вирусам, наподобие действия интерферона у млекопитающих [2].

Несмотря на определенный прогресс в создании трансгенного картофеля, устойчивого к вирусам, не следует питать больших иллюзий, что полученные таким путем сорта способны окончательно решить проблему вирусостойчивости. Скорее всего, рано или поздно, те или иные генетические барьеры защиты против вирусов не устоят перед вновь возникающими вирулентными штаммами или новыми, опасными для культуры, вирусами. Примером этого

могут служить сравнительно поздно открытые карантинные андийские вирусы картофеля и боливийский штамм ХВК, преодолевающий иммунитет от прежних источников устойчивости к нему [5].

Никакой сорт, даже самый устойчивый к тем или иным патогенам, не может просуществовать долго при отсутствии эффективной системы его семеноводства, включающей все необходимые профилактические меры контроля и защиты от всякой инфекции. На протяжении многих лет к производственным сортам картофеля применялась система так называемого безвирусного первичного семеноводства на основе фитосанитарных прочисток, учета и прогноза массового лета тлей-переносчиков вирусов, серологического контроля скрытой вирусной инфекции, а, главное, регулярных клоновых отборов и размножения здорового исходного материала. Строго говоря, считать эту систему абсолютно безвирусной не совсем корректно, учитывая, что не на все вирусы ведется контроль (обычно на 5-6), а их сейчас описано около 30 [1]. Правильнее было бы называть ее антивирусной. Тем не менее, система эта была и остается вполне приемлемой. Со временем она существенно усовершенствовалась и видоизменилась. Во-первых, за счет усовершенствования методов диагностики вирусов. Вместо рутинной капельной серологии стали применять гораздо более чувствительные и специфичные методы их определения (ИФА, ПЦР). Расширился круг диагностируемых этими методами вирусов. Методы эти, конечно, существенно более дорогие и сложные, однако уже сейчас они становятся незаменимыми при проверке и отборе исходного семенного материала. Технологически они должны неизбежно упрощаться применительно к практическим производственным задачам семеноводства. Уже сейчас есть лабораторные экспресс-методы определения вирусов, приближенные к полевым условиям.

Целую эпоху в антивирусном семеноводстве картофеля составил биотехнологический метод оздоровления и размножения его в культуре *in vitro*. Культура апикальных меристем стала доминирующим методом лечения, очистки сортов картофеля от вирусной инфекции, особенно когда они поражены вирусами на 100 % и отбор здоровых клонов не возможен. Метод стал рутинным в первичном семеноводстве не только и не столько из-за его оздоровительного эффекта, сколько из-за внеконкурентного способа массового и ускоренного размножения семенного картофеля в лабораторных условиях в не вегетационный период времени, когда число клонируемых в культуре *in vitro* растений достигает многих тысяч, готовых к высадке в закрытый грунт уже весной.

Наряду с большими достоинствами этого метода у него есть и свои недостатки. С помощью одной культуры ткани освободиться от вирусной инфекции не всегда возможно. Многие зависят от ряда сопутствующих факторов: сортовых и видовых особенностей растения-хозяина и паразита, от размера меристемных изолятов, от состава питательной среды и т.п. Некоторые вирусы способны проникать в зону меристемной ткани. Для того, чтобы освобождение от них в культуре ткани произошло, приходится сочетать ее с подсобными методами термо- и хемотерапии. Имеются и другие издержки и риски, связанные с культурой *in vitro*. Так, при отсутствии должного контроля может произойти массовый выброс инфекции в культуру *in vivo*, а затем в поля. Разительный пример такого события связан, правда, не с вирусной, а с вироидной инфекцией, которая не была своевременно выявлена в клонируемом в пробирках материале. В результате он был в массовом количестве размножен и распространен по многим регионам страны. В этом решающую роль сыграла чрезвычайная контагиозность и термостойкость вироида, который передавался буквально с ножа, т.к. обжиг его на спиртовке был не достаточен для термической инактивации инфекции.

Есть и другие накладки в отношении меристемного материала. Например, относительно его способности противостоять вирусной и иной инфекции в поле. Ясно, что он устойчивее к патогенам не становится. Он — продукт не селекции, а тканевой терапии, и нуждается в особо строгой системе защиты.

В последнее время стали более пристально относиться к фактам не только фенотипической, но и возможной генотипической изменчивости меристемных клонов. Однако оздоровительный эффект и впечатляющий итог микроклонального размножения в культуре ткани по-прежнему востребован практикой современного семеноводства, а сравнительно быстрое перезаражение меристемного картофеля в поле, компенсируется существенным (почти вдвое) сокращением срока получения элитного картофеля (по сравнению со старой традиционной схемой). Этому способствует невероятно высокий коэффициент размножения в культуре *in vitro*, за счет которого происходит быстрое постоянное его сортообновление.

К числу обязательных современных мер защиты картофеля отнесены теперь также карантинные меры контроля и борьбы с андийскими вирусами и вирусными штаммами. Однако в связи с тем, что интродукция и импорт картофеля из Южной Америки производится теперь через систему международных генбанков в основном в виде семян и культуры *in vitro*, вероятность заноса карантинных вирусов в страны Европы существенно сократилась [6].

Все вышеизложенное можно представить в виде следующей схемы (рисунок 1):



Рисунок 1 — Способы оздоровления растений от вирусных болезней

К числу основных стратегических можно отнести все четыре способа верхнего ряда, тактическими, вариативными надо признать нижние ответвления данной схемы.

Литература

1. Вирусные и вирусоподобные болезни и семеноводство картофеля. Под ред. Г. Лебенштейна и др. (перевод с англ. Э.В. Трускинова) // Изд-во ВИЗР, 2005. — 283 с.
2. Гавриленко Т.А., Рогозина Е.В., Антонова О.Ю. Создание устойчивых к вирусам растений картофеля на основе традиционных подходов и биотехнологии // Идентифицированный генофонд растений и селекция. С-Петербург: Изд-во ВИР, 2005. — 644—662.
3. Нурмисте Б. Х. Метод меристемнотканевой культуры в семеноводстве картофеля с точки зрения наследственной вирусной инфекции // Современные проблемы семеноводства картофеля на безвирусной основе. Владивосток, 1985. — С.18—23.
4. Трускинов Э. В. О путях борьбы с вирусными болезнями // Современные проблемы семеноводства картофеля на безвирусной основе. Владивосток, 1985. — С.144—151.
5. EPPO Quarantine inspection procedures. //EPPO Bull. 1984. V.14, N 1.
6. Collin J. Jeffries. Technical Guidelines for the Safe Movement of Germplasm // Potato. FAO/IPGRI, 1998. N 19.

Literature

1. Virusnye i virusopodobnye bolezni i semenovodstvo kartofelya. Pod. red. G. Lebensteina i dr. (perevod s angl. E.V. Truskinov) // Izd-vo VIZR, 2005. — 283 s.
2. Gavrilenko T.A., Rogozina T.V., Antonova O.U. Sozdanie ustojchivyh k virusam rastenij na osnove tradicionnyh podhodov i biotehnologii. // Identificirovannyj genofond rastenij i selekcija. S-Petersburg. Izd-vo VIR, 2005. S. 644—662.
3. Nurmiste B.H. Metod meristemnotkanevoj kultury v semenovodstve kartofelja s točki zrenija nasledstvennoj virusnoj infekcii.// Sovremennye problemy semenovodstva kartofelja na bezvirusnoj osnove. Vladivostok. 1985. S.18—23.
4. Truskinov E.V/ O putjah borjby s virusnymi boleznyami.// Sovremennye problemy semenovodstva kartofelja na bezvirusnoj osnove. Vladivostok. 1985. S.144—151.
5. EPPO Quarantine inspection procedures. //EPPO Bull. 1984. V.14, N 1.
6. Collin J. Jeffries. Technical Guidelines for the Safe Movement of Germplasm.// Potato. FAO/IPGRI, 1998. N 19.