Мильви АГУР

О ТРАНСМИССИИ X-ВИРУСА КАРТОФЕЛЯ ЧЕРЕЗ СЕМЕНА И ПОЧВУ

Широкое распространение фитопатогенных вирусов в природе объясняется существованием различных путей трансмиссии их. В настоящее время можно говорить о четырех путях передачи фитопатогенных вирусов — при механических контактах, посредством насекомых-переносчиков, через семена зараженного растения и через почву. Лишь у незначительной части вирусов изучены все названные пути. Как правило, у большинства вирусов данные о путях трансмиссии их являются недостаточными. Например, X-вирус картофеля (ХВК) кроме картофеля поражает еще 123 вида декоративных, овощных и сорных растений (Klinkowski, 1977). Известно, что этот вирус легко передается при механическом контакте. Насекомыми-переносчиками ХВК являются виды, мало распространенные на посевах и в оранжереях (жуки и др.) и не имеющие практического значения. Этот вирус не передается при помощи тлей, цикадок, клещей, клопов (Шмыгля, 1974). О передаче ХВК через семена растений данных в литературе мало. Х. Ч. Фатак (Phatak, 1974) не называет ХВК среди перечисленных им 85 вирусов, передаваемых через семена растений. Однако имеются данные о передаваемости ХВК лишь через семена картофеля (Дорожкин, Гребенщикова, 1974). ХВК относится к вирусам, передаваемым через почву, переносчиком которого считают гриб *Synchytrium endobioticum* — возбудитель рака картофеля. В 1965 г. впервые были опубликованы данные о том, что зооспоры этого гриба могут передать ХВК от больных растений картофеля здоровым (Nienhaus, Stille, 1965). По данным этих же авторов в опытах *in vitro* (при смешивании вируса с зооспорами *S. endobioticum*) передача не происходила. Однако факт трансмиссии ХВК при помощи *S. endobioticum* цитируется во всех статьях и книгах, в которых говорится о путях трансмиссии вирусов. Лишь в 1978 г. были опубликованы данные, которые поставили это предположение под сомнение. Л. Ланге (Lange, 1978) показал, что при использовании в качестве инокулята суспензии зооспор *S. endobioticum*, выделенных из пораженного ХВК картофеля, томаты заразить не удалось.

Пути трансмиссии ХВК изучаются в Институте экспериментальной биологии в течение нескольких лет. Выяснилось, что механической инокуляцией ХВК можно заразить ряд видов сорных растений, которые распространены в условиях Эстонии (Agur, Villemson, 1972; Villemson, Agur, 1973). Данная статья посвящена изучению передаваемости ХВК через семена некоторых сорных, овощных, декоративных и индикаторных растений, а также через почву, незараженную грибом *S. endobioticum*, при разных режимах выращивания растений. В Эстонии *S. endobioticum* представляет собой карантинный объект и практически не мо-

жет играть определенной роли в качестве переносчика. О незараженности использованной почвы этим грибом судили по состоянию ряда пасленовых видов, выращенных на этой почве.

Передаваемость ХВК через семена растений. Механической инокуляцией были заражены 22 вида растений: *Atriplex hortensis* (лебеда садовая), *Calendula officinalis* (календула лекарственная), *Capsella bursa-pastoris* (пастушья сумка), *Datura stramonium* (дурман обыкновенный), *Hyoscyamus albus* (белена белая), *Lycopersicon esculentum* 'Rysai', 'Katja', 'Peremoga' (томат), *Nicandra physaloides* 'Alba flora' (никандра пузыревидная), *Nicotiana glutinosa* (табак клейкий), *Nicotiana rustica* (табак махорка), *N. tabacum* (табак обыкновенный), *Nolana prostrata* (нолана), *Plantago lanceolata* (подорожник ланцетнолистный), *Silene armeria* (смолевка), *Sinapis alba* (горчица белая), *Solanum acaule**, *S. miniatum**, *S. nigrum* (паслен черный), *S. rostratum**, *S. sisymbriifolium**, *Sonchus asper* (осот шероховатый), *S. oleraceus* (осот огородный), *Spinacia oleracea* (шпинат огородный). На инфицированных растениях следили за проявлением симптомов заболевания и производили с них контрольные пассажи на *N. glutinosa* для установления скрытой инфекции. С зараженных и контрольных (незараженных) растений собирали семена, которые на следующий год подвергали анализу. Изолируемость ХВК изучали как из собранных семян, так и сеянцев, выращенных из них. Сеянцы выращивали в пикировочных ящиках по 50 растений каждого вида. В фазе бутонизации с них брали пробы листьев для инокуляции индикаторного вида *N. glutinosa*. Наблюдали за развитием сеянцев, за проявлением симптомов заболевания у них, измеряли высоту их. Для анализа изолируемости ХВК из семян последние проращивали в чашках Петри по 100 штук. Непроросшие семена отделяли от проросших. У последних отделяли ростки. Полученные 3 компонента (ростки, семенная кожура с эндоспермом проросших семян и непроросшие семена) использовали для получения инокулята, которым заражали *N. glutinosa*. Данные анализа сеянцев и семян приведены в табл. 1.

На сеянцах, выращенных из зараженных ХВК растений, признаков заболевания не отмечалось ни в одном случае и изолировать ХВК из них при помощи контрольного пассажи на *N. glutinosa* не удалось. При наблюдении за общим развитием сеянцев выяснилось, что в большинстве случаев рост опытных сеянцев был ниже контрольных. Исключением явились сеянцы томата ('Peremoga'). Это указывает на то, что семена зараженных растений в большей или меньшей степени недоразвиты. В пользу этого говорит и тот факт, что прорастание семян в ящиках было неполным. Ввиду этого можно предположить, что именно зараженные вирусом семена оказываются непроросшими или росток их не в состоянии пробиться на поверхность земли. Для проверки этой гипотезы был поставлен опыт с прорастанием семян в чашках Петри. В результате этих опытов выяснилось, что ХВК был изолирован из отдельных компонентов семян 4 видов: *Atriplex hortensis*, *Calendula officinalis*, *Hyoscyamus albus*, *Sonchus asper*; при этом у всех названных видов он был изолирован из семенной кожуры с эндоспермом, а у первых 2 — из ростков. У видов *C. officinalis* и *H. albus* ХВК был изолирован из непроросших семян.

При анализе сеянцев было отмечено проявление признаков заболевания на некоторых растениях контрольных (незараженных) вариантов видов *Nicotiana glutinosa*, *N. tabacum*, *Nicandra physaloides* и *Solanum*

* Виды пасленовых.

Таблица 1

Изолируемость ХВК из семян и сеянцев некоторых видов растений

Зараженный вид	Высота сеянцев, % от контроля	Изолируемость вируса			
		Сеянцы	Непроросшие семена	Проросшие семена	
				Ростки	Семенная кожура + эндосперм
<i>Atriplex hortensis</i>	0	—	—	—	+
<i>Calendula officinalis</i>	0	—	+	+	+
<i>Capsella bursa pastoris</i>	0	—	—	—	—
<i>Datura stramonium</i>	69,2	—	—	—	—
<i>Hyoscyamus albus</i>	74,2	—	+	+	+
<i>Lycopersicon esculentum</i> 'Ryciai'	85,7	—	—	—	—
'Katja'	95,7	—	—	—	—
'Peremoga'	127,7	—	—	—	—
<i>Nicandra physaloides</i> 'Alba flora'	53,8	+*	+*	—	—
<i>Nicotiana glutinosa</i>	76,8	+*	+*	—	—
<i>N. rustica</i>	0	—	—	—	—
<i>N. tabacum</i> 'Samsun'	94,3	—	—	+*	—
<i>Nolana prostrata</i>	0	—	—	—	—
<i>Plantago lanceolata</i>	0	—	—	—	—
<i>Silene armeria</i>	0	—	—	—	—
<i>Sinapis alba</i>	0	—	—	—	—
<i>Solanum acaule</i>	79,3	—	—	—	—
<i>S. miniatum</i>	0	—	—	—	—
<i>S. nigrum</i>	55,2	—	—	—	—
<i>S. rostratum</i>	0	—	—	—	—
<i>S. sisymbriifolium</i>	75,3	+*	—	—	—
<i>Sonchus asper</i>	0	—	—	—	+
<i>S. oleraceus</i>	0	—	—	—	—
<i>Spinacia oleracea</i>	0	—	—	—	—

Примечание. + — вирус изолирован; — — вирус не изолирован; 0 — опыт не проводился; * — недостоверные результаты, так как в контрольных сеянцах этого вида было установлено неизвестное инфекционное начало.

sisymbriifolium. Возбудителем заболевания явилось новое для нас инфекционное начало (или начала), происхождение которого пока не известно, что должно составить предмет дальнейших исследований.

Итак, виды *A. hortensis*, *C. officinalis*, *H. albus*, *S. asper* следует считать потенциальными резервациями ХВК в природе, через семена которых этот вирус может распространяться.

Передача ХВК через почву. Нами изучалась возможность трансмиссии ХВК через почву, незараженную грибом *S. endobioticum*.

В процессе распространения вирусов в почве источником инфекции могут служить остатки больных растений или корни растущих больных растений. С целью выяснения роли загрязненной почвы при трансмиссии ХВК были проведены опыты по выращиванию больных и здоровых растений в соседстве, посадке здоровых растений на место больных и поливу почвы вирусосодержащим соком (табл. 2), а также по компостированию почвы, содержащей остатки больных ХВК растений.

В предварительных опытах было выяснено, что ХВК легко изолируется из корней следующих, заражающихся системно видов растений: *H. albus*, *N. glutinosa*, *N. tabacum*, *Petunia hybrida*, *S. nigrum*, *L. esculentum* 'Peremoga'. Значит, корни этих видов растений содержали ХВК в количестве, достаточном для инфекции, и они могут служить источником передачи ХВК через почву.

Таблица 2

Передача ХВК через загрязненную почву

Вид растений	Заражение растений		
	При выращи- вании больных и здоровых растений в соседстве	При посадке здоровых рас- тений на место больных	При поливе почвы вирус- содержащим соком
<i>Lycopersicon esculentum</i>	8/40	3/60	—/—
<i>Nyoscyamus albus</i>	—/—	0/10	—/—
<i>Nicotiana glutinosa</i>	—/—	0/130	3/84
<i>N. tabacum</i>	—/—	1/80	4/80
<i>Solanum acaule</i>	—/—	2/10	6/130
<i>S. nigrum</i>	—/—	3/10	—/—
<i>Petunia hybrida</i>	—/—	—/—	0/30

Примечание. — — опыт не проводился. В числителе — число заразившихся растений, в знаменателе — число растений в опыте.

В опытах по выращиванию больных растений в соседстве со здоровыми использовались томаты (*L. esculentum* 'Peremoga'), которые находились в ящиках в 3 ряда, в каждом по 5—6 растений. Растения среднего ряда заражали механической инокуляцией ХВК. Ботва боковых, здоровых растений изолировалась от зараженных пленкой. Через 2—3 недели после заражения средних растений на 8 из 40 боковых растений проявилась мозаика, характерная для ХВК.

Посадку здоровых растений на место больных проводили с 6 видами растений: *L. esculentum* 'Peremoga', *H. albus*, *N. glutinosa*, *N. tabacum*, *S. nigrum* и *S. acaule*. Молодые растения названных видов заражали механически ХВК. Через 3 недели после заражения, т. е. после появления симптомов заболевания, растения вместе с корнями выдергивали из горшков. В эти же горшки сажали новые растения того же вида. Симптомы заболевания ХВК появились у растений 4 видов, при этом число заболевших растений оставалось низким у томатов и *N. tabacum*, но было относительно высоким у *S. nigrum* и *S. acaule*.

Третьим способом загрязнения почвы ХВК был полив ее вирусосодержащим соком. Растения видов *N. glutinosa*, *N. tabacum*, *P. hybrida* и *S. acaule*, выращиваемые по одному в горшках, поливали на 7 и 14 день после посадки растительным соком, содержащим ХВК (1 мл сока разбавляли водой в отношении 1:10). Признаки заболевания появились в среднем у 3—5% растений видов *N. glutinosa*, *N. tabacum* и *S. acaule*.

Сохраняемость ХВК в почве при компостировании изучалась на видах *L. esculentum*, *P. hybrida*, *D. stramonium*, *N. tabacum*, *H. albus* и *S. acaule*. Зараженные этим вирусом растения названных видов после проявления симптомов заболевания компостировали. Через 2 месяца в полученную почву были посажены молодые растения того же вида (по 25—30 штук). Спустя 3—4 недели после посадки с листьев и корней вновь посаженных растений были сделаны контрольные пассажи на *N. glutinosa*. Результаты этих опытов показали, что двухмесячное компостирование полностью инактивировало ХВК.

Полученные данные показали, что трансмиссия ХВК может происходить через почву, незараженную грибом *S. endobioticum*. Поскольку вышеописанные опыты проводились на нестерилизованной почве, то при этом имелись две возможности передачи ХВК: заражение растений происходило посредством какого-то другого микроорганизма-переносчика

Таблица 3

Передача ХВК при поливе стерилизованной и нестерилизованной почвы
вирусодержащим соком

Вариант	Заражение растений при поливе почвы после посадки		
	на 3-й день	на 7-й день	на 14-й день
Стерилизованная почва	1/75	13/75	15/75
Нестерилизованная почва	10/75	21/75	20/75

Примечание. В числителе — число заразившихся растений, в знаменателе — число растений в опыте.

или же они заражались через травмы на корнях. Для проверки последнего были проведены специальные опыты. Растения томата были посажены как в стерилизованную путем прогрева (при 80 °C в течение 1 ч), так и нестерилизованную почву. Растения обоих вариантов разделяли на 3 группы (в каждой по 25 растений), которые поливались ХВК-содержащим соком (1 мл сока, разбавленного водой в отношении 1 : 10, на 1 горшок). Опыт проводился трижды. Суммарные данные приведены в табл. 3. Выяснилось, что ХВК передавался в обоих вариантах опыта. Однако, при поливе стерилизованной почвы вирусодержащим соком заразилось меньшее количество растений, чем при поливе нестерилизованной почвы. В обоих вариантах число заразившихся растений при поливе более старых, укоренившихся растений (на 7 день и более после посадки) было больше, чем при поливе молодых, только что посаженных растений. Травм на корнях у последних, как правило, гораздо больше. Зависимость числа зараженных растений от стерилизации почвы и более высокая заражаемость у старых растений в сравнении с молодыми являются показателями того, что при передаче ХВК через почву корневые травмы не имеют значения. Подтверждением того, что для передачи этого вируса требуется переносчик, оказались результаты опыта по выращиванию растений (*N. tabacum*) в растительном соке, содержащем ХВК (разбавленном дистиллированной водой в отношении 1 : 10). Ни на одном из 30 опытных растений не отмечалось признаков заболевания.

На основании описанных выше опытов можно сказать, что ХВК передается через почву при помощи какого-то микроорганизма-переносчика. Так как при стерилизации почвы передача ХВК снижалась лишь на некоторое время (около 7—10 дней) можно предположить, что этот микроорганизм или определенная форма существования его (по всей вероятности, покоящаяся) являются относительно термостабильными.

Из данных настоящей работы можно заключить, что при распространении ХВК наряду с легкой передаваемостью этого вируса при механических контактах необходимо учитывать и другие пути трансмиссии его — передачу через семена и почву.

Как показали результаты опытов, ХВК может заражать семена некоторых видов растений (*A. hortensis*, *C. officinalis*, *H. albus*, *S. asper*), а этим создается возможность для появления нового пораженного потомства. Особое внимание при этом следует обращать на виды, у которых была обнаружена инфекция в ростках (*C. officinalis*, *H. albus*). Из проанализированных семян (22 видов) ХВК изолировать не удалось. Различия в результатах анализа семян и сеянцев, выращенных из семян больных растений, указывают на то, что при изу-

чении передачи вируса через семена не следует ограничиваться лишь анализом семян, а необходим также анализ проросших и непроросших семян. Пониженный рост семян, выращенных из семян больных растений (не зависимо от того, являются они сами пораженными или нет), и низкая активность прорастания семян больных растений являются показателем того, что семена вирусных растений являются физиологически неполноценными. Прорастание их зависит от условий роста. Пораженные семена, оставшиеся в почве, могут также как и остатки больного растения, служить источником инфекции, если ими питаются микроорганизмы-переносчики вируса. При передаче вирусов через почву переносчиками их считают почвенные нематоды или грибы, питающиеся на растениях или остатках их (Matthews, 1970). По данным В. А. Шмыгля (1974), ХВК не передается нематодами.

Полученные в настоящей работе данные показали, что ХВК может передаваться через почву, незараженную грибом *Synchytrium endobioticum*, который до сих пор считали единственным переносчиком этого вируса в почве. Передача ХВК в почве происходила как при выращивании больных и здоровых растений в соседстве, так и при посадке здоровых растений на место больных и поливе почвы соком, содержащим ХВК. Число заразившихся растений зависело от подопытного вида и приема, колеблясь от 0 до 20%. Так как нами показано, что передача ХВК не происходит через корневые травы, то надо считать, что у этого вируса кроме *S. endobioticum* имеется другой, пока неизвестный почвенный переносчик-микроорганизм, покоящиеся формы которого выдерживают обеззараживание почвы прогреванием и которые через определенное время могут активироваться.

ЛИТЕРАТУРА

- Дорожкин М. А., Грибенщикова С. О передаче X-вируса семенами картофеля. — Изв. АН БССР, сер. биол. наук, 1974, 5, 80—85.
- Шмыгля В. А. Зооветоры вирусов и микоплазм, поражающих картофель. — Защита растений, 1974, 7, 39.
- Agur, M., Villemson, S. Üheaastaste umbrohtude vastuvõtlikkus viirusnakkusele. — Sots. Põllumajandus, 1972, 24, 1144—1148.
- Klinkowski, M. Pflanzliche Virologie. Bd. 2. Berlin, 1977.
- Lange, L. *Synchytrium endobioticum* and Potato Virus X. — Phytopath. Z., 1978, 92, 2, 132—142.
- Matthews, R. E. F. Plant Virology. London, 1970.
- Nienhaus, F., Stille, B. Übertragung des Kartoffel-X-Virus durch Zoosporen von *Synchytrium endobioticum*. — Phytopath. Z., 1965, 54, 335—337.
- Phatak, H. C. Seed-borne plant viruses — identification and diagnosis in seed health testing. — Seed Sci. Technol., 1974, 2, 3—155.
- Villemson, S., Agur, M. Kahe- ja mitmeaastaste umbrohtude vastuvõtlikkus viirusnakkusele. — Sots. Põllumajandus, 1973, 1, 4—42.

Институт экспериментальной биологии
Академии наук Эстонской ССР

Поступила в редакцию
27/III 1980

Milvi AGUR

KARTULI-X-VIIRUSE EDASIKANDUMINE SEEMNETE JA MULLA KAUDU

Artiklis on toodud andmeid kartuli-X-viiruse (KXV) leviku kohta 22 taimeliigi seemnetega ning mulla kaudu, mis oli vaba seenest *Synchytrium endobioticum*, mida peetakse nimetatud viiruse siirutajaks mullas. Katsetulemustest selgus, et X-viirusega nakatunud liikide *Calendula officinalis*, *Atriplex hortensis*, *Hyoscyamus albus* ja *Sonchus asper* seemnetest (analüüsi eraldi idanenud seemnete idusid, kesti koos endospermiga ja idanemata seemneid) oli viirus isoleeritav. Nakatunud taimede seemikutel viirus tunnuseid ei märgatud ning viirus ei olnud neist isoleeritav ühegi liigi puhul; nende seemikute kõrgus jäi aga väiksemaks sama liigi tervete taimede seemikutega võrreldes. Terved taimed nakatusid mulla kaudu, kui neid kasvatati kõrvuti haigete taimedega, istutati haigete taimede alt vabanenud mulda või seda kasteti viirust sisaldava taimemahlaga. Mulla steriliseerimine vähendas viiruse levimist, kuid umbes 10 päeva möödudes see intensiivistus uuesti. Võib järeldada, et peale *S. endobioticum*'i on mullas veel mingi kartuli-X-viiruse siirutaja, mis on suhteliselt vastupidav kõrgele temperatuurile.

Milvi AGUR

SEED AND SOIL TRANSMISSION OF POTATO VIRUS X

The transmission of potato virus X (PVX) by seeds of 22 plant species and through soil non-infected with *Synchytrium endobioticum* were studied. The plants were infected with PVX by sap inoculation and the seeds of the diseased plants were collected. The seedlings of all species studied were symptomless and we failed to isolate the virus from them, but the virus was isolated from the seeds (the germ, seed coat with endosperm of germinative seeds and non-germinative ones were analyzed separately) of four species — *Atriplex hortensis*, *Calendula officinalis*, *Hyoscyamus albus* and *Sonchus asper*. The seedlings raised from the seeds of infected/diseased plants were lower than those of the healthy plants of some species. Transmission of PVX through soil took place by cultivating the diseased and healthy plants side by side, planting healthy plants in the place of the diseased ones as well as watering the soil with virus containing sap. The transmission of PVX decreased for a short time by sterilization of the soil (1 h at 80—100°C), but after a lapse of 7—10 days the transmission activated again. Up to the present time it has been assumed that *S. endobioticum* is the only soil vector of PVX. Our studies, however, indicate that there must exist another vector for PVX transmission in soil.