

СОКОПЕРЕНОСИМЫЕ ВИРУСЫ ФУНДУКА

А. А. ЗМУШКО, Т. А. КРАСИНСКАЯ

РУП «Институт плодоводства»,
ул. Ковалева, 2, аг. Самохваловичи, Минский район, 223013, Беларусь,
e-mail: krasinskaya@tut.by

АННОТАЦИЯ

Фундук поражается рядом сокопереносимых вирусов: вирусом мозаики яблони (ArMV), вирусом некротической кольцевой пятнистости сливы (PNRSV), вирусом кольцевой пятнистости томата (ToRSV), вирусом Туларе-мозаики яблони (TAMV). Наносящий наибольший экономический ущерб патоген фундука – вирус мозаики яблони. ArMV на растениях фундука обнаружен во многих странах: Италия, Франция, Испания, Великобритания, США, Турция, Польша, Украина, Португалия. Вирус мозаики яблони (Apple mosaic virus, Apple mosaic ilarvirus) относится к роду *Ilarvirus* семейства *Bromoviridae*. Для ArMV описано экспериментальное или естественное заражение 65 видов из 19 семейств. ArMV был обнаружен в ряде сортов из Испании, южной Италии и Турции, которые являются мировыми лидерами по производству фундука. Диагностику растений проводят с помощью одноступенчатого или двухступенчатого RT-PCR, мультиплексного RT-PCR, ELISA-теста, с помощью травянистых индикаторов.

Ключевые слова: фундук, *Corylus L.*, сокопереносимые вирусы, ArMV, PNRSV, ToRSV, TAMV.

ВВЕДЕНИЕ

Фундук – это культивируемые крупноплодные формы лещины обыкновенной, лещины крупной, лещины понтийской и их гибриды, отличающиеся высоким качеством плодов, урожайные, крупноплодные, с тонкой скорлупой [1].

Основными странами-производителями фундука являются Турция, Италия, Испания, США и Греция. Фундук также производится в странах бывшего Советского Союза, Иране, Румынии и Франции, но их объемы не вносят значительного вклада в мировую торговлю. Турция находится на первом месте в мире в качестве производителя и экспортера фундука. Она обеспечивает примерно 70 % и 82 % мирового производства и экспорта соответственно. За ней следует Италия с почти 20 % объема производства и 15 % экспорта [2].

Ежегодная потребность в фундуке Республики Беларусь составляет около 40 тыс. тонн. За счет собственных ресурсов такая потребность удовлетворяется не более чем на 0,5 %. Есть все основания полагать, что при правильном подходе, учитывая принципы районирования и применяя современные сорта, а также передовой опыт выращивания в других странах, соседствующих с нами, фундук может стать промышленной, одной из стратегически важных плодовых культур отечественного садоводства [1].

Известно, что вирусы, поражающие сельскохозяйственные растения, наносят значительный экономический ущерб: снижают урожай культур, ухудшают его качество, понижают устойчивость к грибным и бактериальным заболеваниям, а также к абиотическим и биотическим стрессам. Вирусные заболевания не позволяют растениям реализовать потенциал урожайности, снижая его в зависимости от вида вируса на 15–50 %, а при таких заболеваниях, как Шарка и реверсия, полностью уничтожают урожай и приводят к гибели насаждений [3].

Изучение патогенов фундука, своевременная выбраковка пораженных деревьев и использование здорового посадочного материала являются важным аспектом в производстве фундука.

Европейская и средиземноморская организация защиты растений (EPPO) отнесла вирусы ArMV и PNRSV в список патогенов, которые должны отсутствовать в сертифицированном материале [4]. Помимо этого, из литературных источников известно, что фундук поражается еще такими вирусами, как вирус кольцевой пятнистости томата (ToRSV) и вирус Туларе-мозаики яблони (TAMV).

ВИРУСЫ ФУНДУКА

1. Вирус мозаики яблони (Apple mosaic virus, Apple mosaic ilarvirus).

Сокращение: AMV, ApMV.

Относится к роду *Illarvirus* семейства *Bromoviridae* [5].

Каждый вирион ApMV состоит из трех квазисферических или слегка плеоморфных частиц диаметром от 25 до 29 нм. Каждая частица содержит один компонент трехсоставного РНК-генома [5]. ApMV содержит три геномных одноцепочечных РНК – РНК 1, РНК 2, РНК 3 и субгеномную РНК 4 [5-7].

Является самым важным из патогенов фундука [4].

Поражаемые культуры (виды). Для ApMV описано экспериментальное или естественное заражение 65 видов растений из 19 семейств [8–10].

Список важных для сельского хозяйства растений, инфицируемых этим вирусом, включает: яблоню (*Malus domestica*), грушу (*Pyrus communis*), абрикос (*Prunus armeniaca*), персик (*P. persica*), вишню и черешню (*P. cerasus* и *P. avium*), сливу (*P. domestica*), миндаль (*P. amygdalus*), землянику (*Fragaria sp.*), малину (*Rubus idaeus*), ежевику (*R. occidentalis*), красную смородину (*Ribes rubrum*) и фундук (*Corylus avellana*) [6, 3].

Другие восприимчивые виды – хмель (*Humulus lupulus*), розы (*Rosa sp.*), ежевика седоватая (*Rubus canescens*), *R. ursinus* и другие виды *Prunus*, такие, как *P. cerasifera*, *P. instititia*, *P. mahaleb*, *P. salicina*, *P. serulata*, *P. triloba*, *P. cerasus* и терн (*P. spinosa*) [6, 3]. ApMV также был обнаружен в белой березе (*Betula pendula*), *B. papyrifera*, *B. alleghaniensis*, обыкновенной рябине (*Sorbus aucuparia*), конском каштане (*Aesculus hippocastanum*), *A. parviflora*, *A. flava* и боярышнике (*Crataegus sp.*) [6].

В семечковых культурах ApMV часто встречается в комплексе с *Apple chlorotic leaf spot virus* (ACLSV), *Apple stem pitting virus* (ASPV), *Apple stem grooving virus* (ASGV) и другими инфицирующими яблоню вирусами [6]. Можно предположить, что у фундука также имеют место смешанные инфекции.

Распространение вируса. ApMV распространен по всему миру, везде, где встречаются его хозяева [6]. Касательно распространения ApMV в семействе *Corylaceae* можно сказать следующее.

Симптомы мозаики фундука были впервые описаны в Болгарии [11]. ApMV – инфекция фундука обнаружена во многих странах: Италия, Франция, Испания, Великобритания, США, Турция [10], Польша [12], Украина [13], Португалия [14].

Италия, Испания и Турция – мировые лидеры по производству фундука и ApMV был обнаружен в большом числе сортов Испании, южной Италии и Турции [15, 16].

Только 3 % из 320 образцов, собранных от растений фундука сорта Negret в Испании, было свободно от ApMV (встречаемость вируса 97 %) [6, 17]. В Турции, 73 % из 150 протестированных с помощью ELISA-теста деревьев фундука, выращиваемых в 80 садах в провинциях Бартын, Зонгулдак и Дюздже, были заражены ApMV [6]. Postman and Mehlenbacher (1994) выполняли изучение репозитория зародышевой плазмы в Орегоне (США) и обнаружили, что ApMV присутствовал в 44 % из 48 клонов, импортированных из Испании, в 15 % из 34 клонов из Турции и в 8 % из 65 клонов из Италии. Также отмечается, что вирус ApMV порастил один из 24 немецких сортов и один из трех сортов Грузии [6, 15].

Однако Kobylko et al. (2005) показали присутствие ApMV-инфекции только в 2 сортах (Negret и единичное дерево клона 104 E) из 27 сортов и клонов в Польше [12].

Можно предположить, если сорта Германии и Польши мало заражены вирусом ApMV, в отличие от турецких и испанских сортов, то и сорта, выращиваемые в Беларуси, будут по большей части свободны от этого вируса. Исключением могут явиться сорта, полученные из Италии, Испании и Турции, или сорта, родительские формы которых были получены из вышеупомянутых стран.

Векторы заражения. Вирус может быть экспериментально перенесен механически инокуляцией сока на некоторые травянистые растения (хотя и с трудом): такие как *Cucumis sativus*, *Torenia*

fournieri, *Vinca rosea*, *Vigna sinensis*, *V. unguiculata*, *Cyamopsis tetragonoloba*, *Petunia hybrida*, *Chenopodium quinoa*, *C. amaranticolor*, *C. capitatum*, *Cucurbita maxima*, *C. pepo*, *Nicotiana benthamiana*, *N. megalosiphon* и *Phaseolus vulgaris* сорта Pinto и сорта Black Turtle [6, 18].

Информации о распространении АрMV в полевых условиях доступно немного [6].

Несмотря на то, что АрMV имеет широкий круг растений-хозяев, природные векторы вируса неизвестны [6, 7]. В литературе подчеркивается, что данный вирус не переносится повиликой [19], переносится при вегетативном размножении, в том числе прививкой [3].

Другим вероятным способом распространения АрMV может быть срастание корней (root grafting), хорошо известный феномен у многих сельскохозяйственных культур. Hunter et al. (1958) подтвердили данный путь передачи АрMV у деревьев яблони [6, 20]. Известны случаи передачи АрMV при контакте листьев у хмеля. Предполагается, что контакт листьев друг с другом и корней между деревьями фундука может быть одним из путей распространения вируса в коммерческих садах [19].

АрMV был обнаружен в семенах и пыльце фундука [10]. Cameron и Thompson (1986) продемонстрировали передачу АрMV семенами у деревьев фундука [21]. Postman и Mehlenbacher (1994) показали, что инфицированные женские растения фундука образуют в среднем 6 % инфицированного потомства в 516 тестах на 4–7-летних сеянцах от нескольких скрещиваний [15]. Aramburu и Rovira (2000) в своей работе отметили, что спустя 10 лет после посадки корнесобственных растений фундука 15 % из них были инфицированы АрMV. Источником заражения была, очевидно, инфицированная пыльца, так как вирус был детектирован в 8 % семян, полученных от здоровых деревьев [17].

Передача АрMV от древесных хозяев к травянистым растениям является непростым делом при использовании механических средств [6]. Однако присутствие вируса было установлено в естественно зараженных сорных растениях, произрастающих в садах фундука [19]. Каждый куст фундука имеет 5–10 стеблевых корней, которые могут распространяться горизонтально примерно на 1 м. Таким образом, появление АрMV-инфекции в сорных растениях может быть объяснено срастанием их корней и корней фундука (root grafting), даже если виды не были родственными [6, 10].

Другим объяснением АрMV-инфекции у сорных растений может быть то, что у вируса АрMV есть неустановленный вектор переноса из типа членистоногих [10].

Симптомы. Симптомы, вызываемые АрMV, варьируют в зависимости от того какое растение-хозяин поражено и от различных вирусных штаммов [6].

АрMV вызывает мозаичную болезнь фундука, описанную в нескольких европейских странах и в США [19]. Вирус вызывает появление пятен и кольцевой пятнистости. Встречаются хлоротические линии и узоры, напоминающие листья дуба. Иногда изменение цвета развивается между и/или вдоль жилок (рис. 1, 2) [12, 22, 23].

Симптомы становятся очевидными в начале периода роста, но они могут частично маскироваться с течением времени и при повышении температуры [23]. АрMV – термолабильный вирус, на концентрацию которого могут негативно влиять высокие температуры [12]. Мозаика фундука, вызываемая АрMV, является заболеванием, которое часто развивается незамеченным, поскольку симптомы развиваются только на некоторых листьях весной, когда температуры еще умеренные [11].

Зачастую инфицированные деревья лишены симптомов или проявляют их только на одной из ветвей [16].

Вирус вызывает значительное снижение роста растений фундука и его урожайности до 42 % [19, 23]. J. Aramburu и M. Rovira отмечают, что урожай, полученный со здоровых деревьев фундука, был на 77 % выше, чем с деревьев, зараженных АрMV. Это различие главным образом возникло вследствие образования большего количества орехов, а не благодаря различиям в весе ореха [11]. Kobylko et al. (2005) отмечали отсутствие значительных различий в качестве орехов, у здоровых и зараженных вирусом АрMV растений фундука [12]. С другой стороны, B. Akbaş, K. Değirmenci (2009) отметили, что у фундука, зараженного АрMV, вес кластера орехов был уменьшен в среднем на 28 %, размер самих орехов был снижен, а многие кластеры содержали пустые орехи [19].

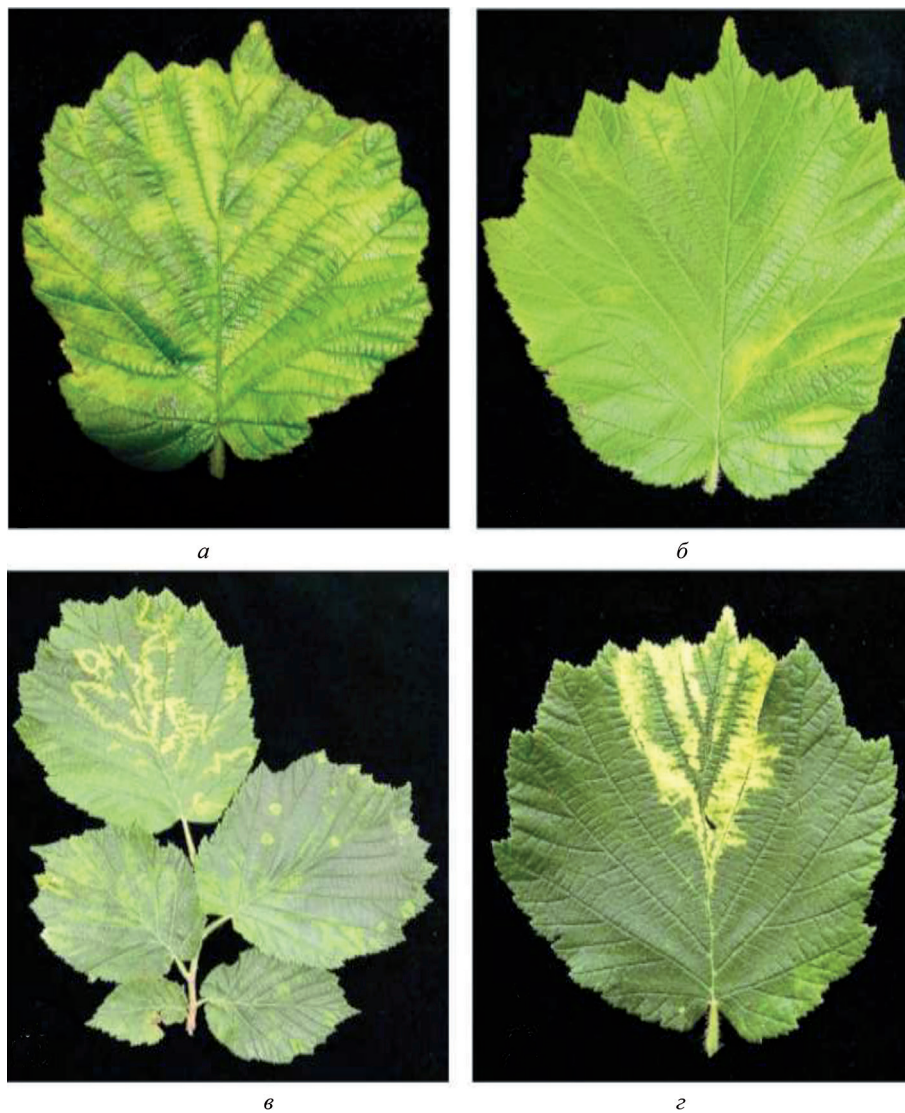


Рис. 1. Симптомы АрМВ на листьях *Corylus avellana* сорта Negret: а – диффузный хлороз; б – диффузные кольца и хлороз вдоль жилок; в – узоры линий, пятнистость и кольцевая пятнистость (ringspots); г – пожелтение вдоль жилок



Рис. 2. Симптомы АрМВ на листьях фундука

Диагностика. Диагностируется с помощью ПЦР, ELISA-теста, травянистых растений-индикаторов [3].

Следует отметить, что хотя ELISA является сейчас стандартной технологией для обнаружения АрMV, эти тесты надежны только в течение короткого периода года, так как АрMV является термолabileм вирусом, на чьи титры в его хозяевах могут негативно влиять высокие температуры в течение вегетации [6]. Torrance и Dolby (1984) сообщали, что АрMV может быть детектирован в деревьях яблони ELISA-тестом с апреля по июнь [24]. В работе Svoboda и Polák (2010) отмечалось, что наивысшая относительная концентрация и, следовательно, наивысшая вероятность детекции вируса была получена при использовании листьев яблони в апреле до ее цветения. Более поздний сбор листьев демонстрировал постепенное снижение относительных концентраций АрMV в растительном материале, пока они не достигали нуля в июле [6]. Различающиеся климатические условия влияют на термолability АрMV [6], в связи с чем должны быть установлены оптимальные сроки тестирования растений фундука в условиях Беларуси.

Еще один аспект, который может влиять на результаты ELISA-теста, это вариации в типе и возрасте органов растения, используемых для детекции вируса. Torrance и Dolby (1984) установили, что значения абсорбции при использовании ELISA для детекции АрMV были выше у молодых листьев, чем у зрелых [24]. Svoboda и Polák в 2010 г. подтвердили их заключение [25].

Для определения наличия АрMV используют травянистые индикаторные растения: *Cucumis sativus*, *Chenopodium quinoa*, *C. amaranticolor*, *Cucumis sativus*, *C. pepo*, *Phaseolus vulgaris*, *Petunia hybrida*, *Torenia fournieri*, *Vinca rosea* и *Vigna sinensis* [5]. Симптомами на индикаторах являются местные хлоротические или некротические поражения, за которыми следует системный некроз [3].

Еще одной возможностью для детекции АрMV является использование более чувствительных молекулярных методов, таких как RT-PCR для амплификации частей вирусного генома. Сообщалось о применении стандартного двухступенчатого RT-PCR, мультиплексного RT-PCR и одноступенчатого RT-PCR или об их использовании в комбинации с серологической детекцией амплифицированных продуктов (RT-PCR-ELISA) [6]. Akbas и Degirmenci (2010) предпочитали RT-PCR, а не ELISA для детекции АрMV у деревьев фундука. Однако низкие титры АрMV в тестируемом материале являются лимитирующим фактором в этих анализах (цит. по [6]).

J. D. Postman и Sh. A. Mehlenbacher отметили, что вирусу АрMV может потребоваться несколько лет, чтобы достичь такой концентрации его в сеянцах фундука, при которой его можно обнаружить [15].

Меры защиты от вируса. Методы защиты – размножение материала, проверенного на отсутствие вирусов и микоплазм [8].

Превентивные меры по предотвращению посадки зараженного материала имеют огромное значение в контексте комплексных подходов к борьбе с болезнями, вызываемыми АрMV. Среди таких мер тестирование посадочного материала на отсутствие патогенов является важным, хотя и не исключительным методом борьбы с вирусными заболеваниями растений. Поскольку многие вирусы остаются латентными в посадочном материале или встречаются в небольших количествах, требуются методы обнаружения с высокой чувствительностью, специфичностью и надежностью (López et al., 2003) [6, 26].

J. D. Postman и Sh. A. Mehlenbacher указали, что термотерапия инфицированных растений в течение 21 или более дней при температурах, меняющихся каждые 4 часа от 30 до 38 °C, с последующей прививкой верхушки побега на здоровые подвой *Corylus*, привело к элиминации АрMV в 26 инфицированных сортах фундука [15]. Известно также, что у растений семейства *Rosaceae* элиминация АрMV эффективна при помощи термотерапии [3].

2. Вирус некротической кольцевой пятнистости сливы (*Prunus necrotic ringspot ilarvirus*).

Сокращение: PNRSV.

Prunus necrotic ringspot virus (PNRSV) был впервые описан в США (Cochran and Hutchins, 1941) [27]. Он относится к роду *Ilarvirus* семейства *Bromoviridae* [28].

PNRSV – РНК-вирус [29]. Геномные РНК PNRSV заключены в икосаэдрические частицы приблизительно 22–30 нм в диаметре [28].

Вариабельность PNRSV была оценена в его растениях-хозяевах из рода *Prunus* с описанием многочисленных изолятов или штаммов, которые широко варьируют по своим патогенным, биологическим и серологическим свойствам [30].

Симптомы. PNRSV характеризуется такими симптомами, как кольца, полосы. Симптомы возникают на листьях всех стадий, по мере развития растений размеры некроза увеличиваются, что приводит к образованию щелей (рис. 3) [13].

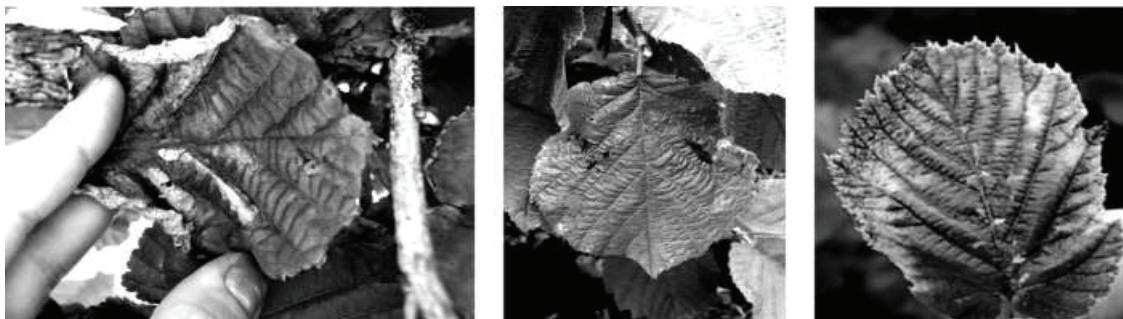


Рис. 3. Симптомы вируса PNRSV на фундуке

PNRSV сам по себе дает мало симптомов, но известно, что при одновременном заражении фундука вирусами PNRSV и ArMV может наблюдаться синергетический эффект [10, 4].

Векторы заражения. Легко передается при прививке и окулировке [3, 28].

Также есть доказательства, что вирус передается с семенами и пылью с различной частотой в некоторых природных хозяевах, включая *Prunus spp.*, хмель (*Humulus spp.*) и розы (*Rosa spp.*), так же, как и в некоторых экспериментальных хозяевах, таких как *Cucurbita maxima*. По крайней мере, в некоторых из этих хозяев инфекция передается пылью как вертикально (приводя к появлению зараженных семян и, после прорастания, сеянцев), так и горизонтально (приводит к инфицированию опыляемого материнского растения) [28].

Есть доказательство, что трипсы, особенно *Frankliniella occidentalis* и *Thrips tabaci*, могут способствовать передаче PNRSV опосредованной пылью, так как питаются инфицированной пылью [28].

Географическое распространение. Вирусы обнаруживаются по всему миру в местах культивирования видов [3]. О его присутствии сообщалось большим количеством стран на всех континентах [28].

Вирус был обнаружен на фундуке в Национальном дендрологическом парке «Софиевка» (Украина). В общей сложности 73 % деревьев фундука, протестированных методом ELISA (110–150) в насаждениях НДП «Софиевка», были заражены вирусной инфекцией. Вирусный антиген PNRSV был обнаружен в 68,4 % протестированных образцах, почти 23,3 % протестированных образцов фундука были заражены ArMV. Все деревья, на которых наблюдались симптомы мозаики, дали положительный тест на ArMV, при этом 20 % продемонстрировали смешанную вирусную инфекцию [13].

Поражаемые культуры (виды). Вишня, черешня, слива, персик, нектарин, абрикос, миндаль, фундук, хмель, роза [3, 14, 28].

Диагностика. Диагностируется с помощью ПЦР, ELISA-теста, травянистых растений-индикаторов [3].

3. Вирус кольцевой пятнистости томата (Tomato ringspot nepovirus).

Сокращения: TomRSV, ToRSV.

Относится к роду *Nepovirus* семейства *Comoviridae* [3, 31].

Это сферический вирус диаметром 28 нм [32]. Его геном состоит из двух молекул РНК длиной 8214 (РНК-1) и 7273 (РНК-2) нуклеотидов [33].

Поражаемые культуры (виды). Поражает большое количество семейств двудольных и однодольных растений [3]. Вирус кольцевой пятнистости томата (ToRSV) в основном является пато-

геном древесных и полудревесных растений, и было показано, что он приводит к умеренным или серьезным экономическим потерям у многих многолетних плодовых культур, включая виды *Malus* и *Prunus*. Он также может быть найден у травянистых декоративных растений и сорняков, у малины, ежевики, виноградной лозы и кизила [31, 34]. Был отмечен в бессимптомной природной популяции *Fragaria chiloensis* [35].

Обнаружен на фундуке [31].

Географическое распространение. ToRSV широко распространен в умеренном регионе Азии, Европы, Северной и Южной Америки [31]. Встречается также в Австралии [36]. Был найден во многих многолетних декоративных видах в Литве [36].

Симптомы. На фундуке вызывал межжилковый хлороз и краевой некроз [31].

Векторы заражения. Переносится нематодами *Xiphinema americanum sensu lato*, *X. bricolensis*, *X. californicum*, *X. intermedium*, *X. rivesi*, *X. tarjanensei*, семенами, передается через пыльцу семенам и опыляемому растению. Инфицированные семена являются хранилищем вируса в почве [3]. Распространяется при вегетативном размножении, в том числе при прививке и окулировке [3], переносится пыльцой [31, 36].

Диагностика. Механическая инокуляция с фундука на *Nicotiana tabacum* сорта Samsun приводила к системной инфекции. Изоляты вирусы индуцируют локальные поражения, деформацию листьев и некроз у *N. rustica*, хлоротичные локальные поражения на *Chenopodium quinoa* и крупные локальные поражения на *Gomphrena globosa* [31].

Вирус может определяться ELISA-тестом и ПЦР-анализом [31, 36]. Вирусная РНК накапливается в симптоматических листьях и в молодых бессимптомных листьях, которые появляются в конце инфекции. Вирусная РНК в бессимптомных листьях обычно не накапливается до детектируемых уровней [37].

4. Вирус Туларе-мозаики яблони (Apple Tulare mosaic virus).

Сокращение: TAMV.

Частицы вирусов изометрической формы, диаметром 28, 30, 31 nm, имеются три типа частиц с коэффициентом седиментации 93, 108, 114 S, температура инактивации в стабилизированном соке 60 – 62 °C. Вирус очень нестойкий, в сыром соке теряет половину инфекционности в течение 5 мин, умеренный антиген [8].

Поражаемые культуры (виды). Поражаемые растения: экспериментально вирус перенесен на 16 видов растений из 9 семейств. Из плодовых культур поражает яблоню [8]. Отмечено, что встречается на *Corylus avellana* L. [14].

Векторы заражения. Переносчики вируса неизвестны, нет данных о передаче семенами [8].

Симптомы. Симптомы на яблоне, вызываемые вирусом Туларе-мозаики, внешне не отличаются от обычной картины поражения суровыми штаммами вируса мозаики яблони. Из травянистых растений успешно переносится на табак, где вызывает на инокулированных и отрастающих листьях линии и кольца, похожие на симптомы штриховатости табака (Tobacco streak virus) [8].

Методы диагностики. Серологический – метод ELISA-теста, механический перенос соком на табак, прививкой – на Лорд Ламбурн [8].

Меры борьбы. Размножение свободного от вирусов посадочного материала [8].

ВЫВОДЫ

1. Фундук поражается рядом сокопереносимых вирусов: вирусом мозаики яблони (ArMV), вирусом некротической кольцевой пятнистости сливы (PNRSV), вирусом кольцевой пятнистости томата (TomRSV, ToRSV), вирусом Туларе-мозаики яблони (TAMV). Распространение, симптомы и вредоносность других вирусов на фундуке в настоящее время не изучены.

2. Европейская и средиземноморская организация защиты растений отнесла вирусы ArMV и PNRSV в список патогенов, которые должны отсутствовать в сертифицированном материале. Наиболее важным патогеном фундука является вирус мозаики яблони. ArMV был обнаружен в ряде сортов из Испании, южной Италии и Турции, которые являются мировыми производственными лидерами фундука. ArMV распространен по всему миру, везде, где встречаются его

хозяева, при этом для АрMV описано экспериментальное или естественное заражение 65 видов растений из 19 семейств. Анализ литературы показывает, что для эффективного тестирования на наличие АрMV важен срок тестирования. Для его определения в условиях Беларуси требуется ряд исследований.

3. По всей видимости, перечень вирусов, способных инфицировать фундук и вызывать экономические потери при его выращивании, будет расширяться по мере изучения и будет дополнен в ближайшие годы.

4. Для промышленного возделывания на территории Республики Беларусь допущены сорта Косфорд, Барселонский и Каталонский; для приусадебного возделывания – сорта фундука Баррел и Лорра. Два сорта фундука: Лал и Яшма, проходят испытание в Государственной инспекции по испытанию и охране сортов растений [38].

5. В связи с этим проведение исследований с целью выявления зараженности насаждений фундука в Республике Беларусь основными известными вирусами является желательным и целесообразным.

ЛИТЕРАТУРА И ИСТОЧНИКИ

1. Козловская, З. А. Лещина. Дикie виды и фундук / З. А. Козловская, Н. В. Луговцова // Плодоводство : науч. тр. / Ин-т плодоводства ; редкол.: В. А. Самусь (гл. ред.) [и др.]. – Самохваловичи, 2018. – Т. 30. – С. 289–303.
2. Hazelnut production [Electronic resource]. – Mode of access: <http://www.fao.org/3/x4484e/x4484e03.htm>. – Date of access: 19.03.2020.
3. Кухарчик, Н. В. Вирусные и фитоплазменные болезни плодовых и ягодных культур в Беларуси / Н. В. Кухарчик. – Минск : Беларус. навука, 2012. – 209 с.
4. Certification scheme for hazelnut [Electronic resource]. – Mode of access: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/epdf/10.1111/j.1365-2338.2004.00712.x>. – Date of access: 12.03.2020.
5. RT-PCR Detection of Apple Mosaic Virus Infection in Some Weed Hosts Found in Hazelnut Orchards in Turkey / M. Arli Sokmen [et al.] // Acta Horticulturae. – 2008. – Vol. 781. – P. 155–159.
6. Apple mosaic virus / L. Grimová [et al.] // Phytopathologia Mediterranea. – 2016. – V. 55, 1. – P. 1–19.
7. Cieślńska, M. Characterization of Apple mosaic virus isolates detected in hazelnut in Poland / M. Cieślńska, N. Valasevich // J Plant Dis Prot. – 2016. – V. 123. – P. 187–192.
8. Вердеревская, Т. Д. Вирусные и микоплазменные заболевания плодовых культур и винограда / Т. Д. Вердеревская, В. Г. Маринеску; отв. ред. Г. А. Патерило. – Кишинев : Штиинца, 1985. – 311 с.
9. Самусь, В. А. Вирусные заболевания яблони в условиях Беларуси / В. А. Самусь, Н. В. Кухарчик // Земляробства і ахова раслін. – 2003. – № 4. – С. 38–39.
10. Natural weed hosts of apple mosaic virus in hazelnut orchards in Turkey / M. Arli Sokmen [et al.] // Journal of Plant Pathology. – 2005. – V. 87 (3). – P. 239–242.
11. Aramburu, J. The effects of apple mosaic ilarvirus (ApMV) on hazelnut (*Corylus avellana* L.) / J. Aramburu, M. Rovira // Journal of Horticultural Science & Biotechnology. – 1998. – V. 73 (1). – P. 97–101.
12. Kobyłko, T. Incidence of Apple mosaic virus (ApMV) on hazelnut in south-east Poland / T. Kobyłko, B. Nowak, A. Urban // Folia horticulturae. – 2005. – Ann. 17/2. – P. 153–161.
13. The viral diseases of the Corilus spp. Biotechnology of production of improvement plant material / G. A. Tarasenko [et al.] // Temperate Crop Science and Breeding: Ecological and Genetic Studies / ed. S. A. Bekuzarova [et al.]. – Boca Raton, 2016. – Chap. 10. – P. 183–199.
14. A Preliminary Survey of Hazelnut (*Corylus avellana* L.) Virus-like Disease in Portugal: a Case Study / A. P. Silva [et al.] // Acta Horticulturae. – 2009. – Vol. 845. – P. 585–589.
15. Postman, J. D. Apple mosaic virus in hazelnut germplasm / J. D. Postman, Sh. A. Mehlenbacher // Acta Horticulturae. – 1994. – V. 351. – P. 601–609.
16. Mehlenbacher, S. A. Hazelnuts (*Corylus*) / S. A. Mehlenbacher // ISHS Acta Horticulturae. – 1991. – Vol. 290: Genetic Resources of Temperate Fruit and Nut Crops. – P. 791–836.
17. Aramburu, J. M. Incidence and natural spread of Apple mosaic ilarvirus in hazel in north-east Spain / J. M. Aramburu, M. Rovira // Plant Pathology. – 2000. – V. 49. – P. 423–427.
18. Власов, Ю. И. Вирусные и микоплазменные болезни растений / Ю. И. Власов. – М. : Колос, 1992. – 207 с.
19. Akbaş, B. Incidence and natural spread of apple mosaic virus on hazelnut in the west Black sea coast of Turkey and its effect on yield / B. Akbaş, K. Değirmenci // Journal of Plant Pathology. – 2009. – V. 91 (3). – P. 767–771.
20. Hunter, J. A. Note on the transmission of Apple mosaic virus by natural root grafting / J. A. Hunter, E. E. Chamberlain, J. D. Atkinson // New Zealand Journal of Agricultural Research. – 1958. – V. 1. – P. 80–82.
21. Cameron, H. R. Seed transmission of Apple mosaic virus in hazelnut / H. R. Cameron, M. Thompson // Acta Horticulturae. – 1986. – V. 193. – P. 131–132.
22. Ertunc, F. Molecular characterization and sequence detection of Apple mosaic virus hazelnut isolates / F. Ertunc, A. Sezer, D. C. Orel // Acta Horticulturae. – 2018. – Vol. 1226. – P. 421–427.

23. Ertunc, F. Distribution and molecular detection of apple mosaic virus in apple and hazelnut in Turkey / F. Ertunc, S. Topkaya, A. Sezer // *Afr. J. of Biotechnology*. – 2014. – Vol. 13 (31). – P. 3144–3149.
24. Torrance, L. Sampling conditions for reliable routine detection by enzyme-linked immunosorbent assay of three ilarviruses in fruit trees / L. Torrance, C. A. Dolby // *Annals of Applied Biology*. – 1984. – V. 104. – P. 267–276.
25. Svoboda, J. Relative concentration of Apple mosaic virus coat protein in different parts of apple tree / J. Svoboda, J. Polák // *Horticulture Science*. – 2010. – V. 37. – P. 22–26.
26. Innovative tools for detection of plant pathogenic viruses and bacteria / M. López [et al.] // *International Microbiology*. – 2003. – V. 6. – P. 233–243.
27. Cochran, L. C. A severe ring-spot virus on peach / L. C. Cochran, L. M. Hutchins // *Phytopathology*. – 1941. – V. 31. – P. 860.
28. Scientific Opinion on the pest categorisation of *Prunus necrotic ringspot virus* // *EFSA Journal*. – 2014. – V. 12, № 10. – P. 3849.
29. Aparicio, F. *In vitro* and *in vivo* mapping of the *Prunus necrotic ringspot virus* coat protein C-terminal dimerization domain by bimolecular fluorescence complementation / F. Aparicio, J. A. Sánchez-Navarro and V. Pallás // *Journal of General Virology*. – 2006. – V. 87. – P. 1745–1750.
30. Survey of *Prunus necrotic ringspot virus* in Rose and Its Variability in Rose and *Prunus* spp. / B. Moury [et al.] // *Phytopathology*. – 2001. – Vol. 91, № 1. – P. 84–91.
31. Widespread occurrence of Tomato ring spot virus in deciduous fruit trees in Iran / A. A. Moini [et al.] // *Julius-Kühn-Arch.* – 2010. – Vol. 427: 21st Intern. Conf. on Virus and other Graft Transmissible Diseases of Fruit Crops. – P. 127–128.
32. Nucleotide sequence of tomato ringspot virus RNA1 / M. E. Rott [et al.] // *Journal of General Virology*. – 1995. – V. 76. – P. 465–473.
33. Hans, F. Tomato ringspot nepovirus protease: characterization and cleavage site specificity / F. Hans, H. Sanfaçon // *Journal of General Virology*. – 1995. – V. 76. – P. 917–927.
34. Sertkaya, G. *Tomato ringspot nepovirus* (ToRSV) in wild blackberry (*Rubus fruticosus* L.) in Hatay province of Turkey / G. Sertkaya // *Julius-Kühn-Arch.* – 2010. – Vol. 427: 21st Intern. Conf. on Virus and other Graft Transmissible Diseases of Fruit Crops. – P. 201–203.
35. Converse, R. H. Infection of cultivated strawberries by tomato ringspot virus / R. H. Converse // *Phytopathology*. – 1981. – V. 71. – P. 1149–1152.
36. Identification of tomato ringspot nepovirus by RT-PCR / M. Samuitienė [et al.] // *Biologija*. – 2003. – № 4. – P. 35–38.
37. Jovel, J. Salicylic Acid-Dependent Restriction of Tomato ringspot virus Spread in Tobacco Is Accompanied by a Hypersensitive Response, Local RNA Silencing, and Moderate Systemic Resistance / J. Jovel, M. Walker, H. Sanfaçon // *MPMI*. – 2011. – Vol. 24, № 6. – P. 706–718.
38. Сорта плодовых, ягодных, орехоплодных культур и винограда, включенные в Государственный реестр сортов и находящиеся на испытании в Государственной инспекции по испытанию и охране сортов растений / РУП «Институт пловодства»; отв. за выпуск В. В. Васеха. – Самохваловичи, 2020. – 31 с.

SAP-TRANSMISSIBLE VIRUSES OF THE GENUS *CORYLUS* L.

A. A. ZMUSHKO, T. A. KRASINSKAYA

Summary

Hazelnuts are infected by a number of sap-transmissible viruses: Apple mosaic virus (ApMV), *Prunus necrotic ringspot virus* (PNRSV), *Tomato ringspot nepovirus* (ToRSV), *Apple Tulare mosaic virus* (TAMV). The most economically important hazelnut pathogen is Apple mosaic virus. ApMV on hazelnut plants was found in many countries: Italy, France, Spain, Great Britain, USA, Turkey, Poland, Ukraine, Portugal. Apple mosaic virus (Apple mosaic ilarvirus) belongs to the genus *Ilarvirus* of the family *Bromoviridae*. For ApMV, experimental or natural infection of 65 species from 19 families has been described. ApMV has been found in a large number of cultivars from Spain, southern Italy and Turkey, which are world leaders in the production of hazelnuts. Plant diagnostics is carried out using two-step RT-PCR, multiplex RT-PCR, one-step RT-PCR, ELISA test, using herbaceous indicator plant. ApMV is a labile virus, therefore, for its detection, the temperature factor is very important at which the concentration in plant sap is optimal for testing.

Keywords: hazelnut, *Corylus* L., sap-transmissible viruses, ApMV, PNRSV, ToRSV, TAMV.

Поступила в редакцию 23.04.2020 г.