

Вирусы томата, особо опасные для овощеводства России

Tomato viruses especially dangerous for vegetable growing of Russia

Шнейдер Ю.А., Каримова Е.В., Приходько Ю.Н., Лозовая Е.Н., Живаева Т.С.

Shneyder Yu.A., Karimova E.V., Prikhodko Yu.N., Lozovaya E.N., Zhivaeva T.S.

Аннотация

Abstract

Томат – важнейшая овощная культура с ежегодным увеличением объемов его производства во всем мире. В Российской Федерации последние несколько лет активно развиваются предприятия защищенного грунта, специализирующиеся на производстве томатов. Вместе с тем растения томата поражают более 200 различных вредителей и болезней. Возбудители вирусных болезней растений – важный ограничивающий фактор для многих отраслей растениеводства, в том числе овощеводства. В последние годы в европейских странах производство томатов в открытом и защищенном грунте пострадало от серьезных потерь, вызванных, главным образом, вирусными фитопатогенами. В статье представлен обзор трех наиболее опасных вирусов, возбудителей болезней томатов – коричневой морщинистости плодов томата, мозаики пепино, пятнистого увядания томата. Эти вирусы неоднократно были выявлены в целом ряде стран практически на всех континентах и вызвали значительные экономические потери в странах своего распространения. Ввиду очень быстрого распространения и обнаружения опасных вирусов томата в ряде стран, занимающихся производством и дальнейшим экспортом семян и плодов томатов, Федеральная служба по ветеринарному и фитосанитарному надзору Российской Федерации (Россельхознадзор) с 27 июля 2020 года ввела в качестве временной карантинной фитосанитарной меры требование об отсутствии этих вирусов в семенах, посадочном материале и плодах растений-хозяев при их ввозе и перемещении по территории Российской Федерации. Результаты анализов фитосанитарного риска, проведенных в ФГБУ «ВНИИКР» в 2020 году, показали, что вирусы коричневой морщинистости плодов томата, мозаики пепино и пятнистого увядания томата соответствуют критериям карантинных для Российской Федерации организмов, вирусы способны проникнуть на территорию страны с подкарантинной продукцией, распространиться и нанести существенный ущерб развитию сельского хозяйства и экономической деятельности страны.

Tomato is the most important vegetable crop with an annual increase in its production worldwide. In the Russian Federation, greenhouse industry specializing in the production of tomatoes have been actively developing over the past few years. At the same time, tomato plants affect more than 200 different pests and diseases. Pathogens of viral diseases of plants are an important limiting factor for many branches of crop production, including vegetable growing. In recent years, in European countries, the production of tomatoes in open field and greenhouses has suffered from serious losses caused mainly by viral phytopathogens. The article presents an overview of the three most dangerous viruses, pathogens of tomato diseases – tomato brown rugose fruit virus (ToBRFV), pepino mosaic virus (PepMV) and tomato spotted wilt virus (TSWV). These viruses have been repeatedly detected in a number of countries on almost all continents and have caused significant economic losses in the countries of their distribution. In view of the very rapid spread and detection of dangerous tomato viruses in a number of countries engaged in the production and further export of tomato seeds and fruits, Rosselkhoznadzor, from July 27, 2020, introduced as a temporary quarantine phytosanitary measure the requirement that these viruses are not present in seeds, planting material and fruits of host plants when they are imported and moved through the territory of the Russian Federation. The results of the phytosanitary risk analyses conducted at the Federal State Budgetary Institution «VNIICR» in 2020 showed that ToBRFV, PepMV and TSWV meet the criteria of quarantine organisms for the Russian Federation, viruses are able to enter the territory of the country with quarantined products, spread and cause significant damage to the development of agriculture and economic activity of the country.

Ключевые слова: томат, вирус, коричневая морщинистость плодов томата, мозаика пепино, пятнистое увядание томата, защита растений.

Key words: tomato brown rugose fruit virus (ToBRFV) pepino mosaic virus, PepMV, tomato spotted wilt virus (TSWV), plant protection.

Для цитирования: Вирусы томата, особо опасные для овощеводства России / Ю.А. Шнейдер, Е.В. Каримова, Ю.Н. Приходько, Е.Н. Лозовая, Т.С. Живаева // Картофель и овощи. 2021. №6. С. 3-8. <https://doi.org/10.25630/PAV.2021.93.45.001>

For citing: Tomato viruses especially dangerous for vegetable growing of Russia. Yu.A. Shneyder, E.V. Karimova, Yu.N. Prikhodko, E.N. Lozovaya, T.S. Zhivaeva. Potato and vegetables. 2021. No6. Pp. 3-8. <https://doi.org/10.25630/PAV.2021.93.45.001> (In Russ.).

Овощеводство защищенного грунта – одно из ведущих направлений сельского хозяйства в Российской Федерации. Для развития его важнейшей подотрасли, производства томатов, и обеспечения импортозамещения Правительство Российской Федерации вложило более 250 млрд р. [1]. По оценкам специалистов, валовой сбор томатов в 2020 году на

территории РФ составил 560 тыс. т [2].

Растения томата поражают более 200 вредителей и болезней. Сегодня возбудители вирусных заболеваний – это важный ограничивающий фактор для многих отраслей растениеводства, в том числе овощеводства, вызывающий значительные экономические потери. Развитие молекулярно-генетических методов диа-

гностики позволило выявить новые ранее не описанные в научной литературе вирусы, поражающие томат.

С 27 июля 2020 года Федеральная служба по ветеринарному и фитосанитарному надзору Российской Федерации (Россельхознадзор), ввела в качестве временной карантинной фитосанитарной меры требования об отсутствии вирусов коричневой морщинистости плодов томатов

(ToBRFV), мозаики пепино (PerMV) и пятнистого увядания томата (TSW) при ввозе и перемещении по территории Российской Федерации в семенах, рассаде и плодах растений-хозяев указанных вирусов до их включения в Единый перечень карантинных объектов ЕАЭС, утвержденный Решением Совета евразийской экономической комиссии от 30.11.2016 № 158 [3].

Вирус коричневой морщинистости плодов томата (ToBRFV) относится к роду *Tobamovirus*.

В 2014 году на юге Израиля была отмечена вспышка нового заболевания, поражающего устойчивые сорта томатов в условиях защищенного грунта. Вирус коричневой морщинистости плодов томата впервые был выделен из растений томата, выращенных в теплицах Иордании в 2015 году [4]. Первое упоминание о вирусе в научной литературе датируется 2016 годом и до появления сведений о вредоносности ToBRFV не регулировался фитосанитарными службами.

ToBRFV – РНК-вирус. Вирион представляет собой жесткие спиральные палочковидные частицы с винтовой симметрией без оболочки, размером 18 × 310 нм.

Сегодня естественные подтвержденные экономически значимые растения-хозяева этого вируса – томаты (*S. lycopersicum*) и разные виды перца *Capsicum* spp. (включая *C. annuum*, *C. chinense* и *C. frutescens*) [1].

Симптомы, вызываемые ToBRFV, на растениях достаточно разнообразны и не являются специфическими. На растениях томата, инфицированных ToBRFV, чаще всего можно наблюдать: хлороз, мозаику, де-



Рис. 1. Пузырчатость и узколистность, вызванные ToBRFV (автор фото Каримова Е.В.)

формацию, игольчатость, пузырчатость, постепенное увядание листьев с последующим пожелтением и гибелью растений; появление коричневых некротических поражений на стеблях чашечках и черешках; на плодах хлоротическую пятнистость, морщинистость, морщанность, деформацию и неравномерное созревание плодов (рис. 1, 2). Семена, зараженные вирусом, не проявляют симптомов.

У томатов идентифицировано три гена длительной устойчивости, которые обеспечивают полную устойчивость к нескольким тобамовирусам. Однако ToBRFV преодолел все эти гены устойчивости. Сегодня доказано, что ни один коммерческий сорт томатов не обладает полной устойчивостью к вирусу коричневой морщинистости плодов томата [4].

Сорта перца, инфицированные ToBRFV, у которых отсутствуют L-гены устойчивости, часто поражаются смешанной инфекцией. У растений перца, содержащих гены устойчивости, при заражении наблюдается реакция гиперчувствительности, которая включает некротические повреждения на корнях и стеблях, что приводит к замедлению роста и дальнейшей гибели растений [1].

ToBRFV имеет высокие патогенность, скорость распространения и за последние несколько лет был выявлен в целом ряде стран практически на всех континентах, где вызвал очень серьезные потери при производстве томатов и перца [5]. Ущерб от вируса коричневой морщинистости плодов томата выражается в уменьшении количества и снижении товарных качеств плодов томата при их производстве, а также гибели зараженных растений. Помимо прямых потерь урожая, экономический ущерб связан с затратами на применение фитосанитарных мероприятий. В некоторых случаях при обнаружении ToBRFV в хозяйствах производители томатов переориентировали производство на растения, не повреждаемые вирусом, но менее прибыльными в экономическом плане [1].

Вирусные частицы ToBRFV чрезвычайно стабильны и передаются механически с растения на растение при с.-х. работах и манипуляциях с растениями, через циркуляцию воды в случае возделывании томатов на гидропонике. ToBRFV способен сохраняться долгое время без потери своей вирулентности вне растения-хозяина на различных инерт-

ных поверхностях, например, картона, поддонах для овощей, упаковочном материале, инструментах, одежде, транспортных средствах, с.-х. оборудовании и биологических поверхностях, на руках рабочих, остатках растений, насекомых-опылителях, пыльце, а также в растворах питательных сред и почве [6, 7].

По данным EPPO Global Database и Cabi Crop Protection Compendium, главные пути распространения этого вируса – плоды основных растений-хозяев, рассада, семена [5, 8]. Распространение вируса также связано с механическим переносом при помощи человека при агротехнических мероприятиях, перемещении зараженных растений, плодов, контейнеров и тары для перевозки плодов [5].

Инфекционность ToBRFV сохраняется в семенах несколько лет. Было доказано, что даже при низком возможном уровне передачи инфекции от семян к рассаде значение одного зараженного проростка в дальнейшем появлении очага может быть существенным [4].

Ввиду очень быстрого распространения и обнаружения ToBRFV в ряде стран, занимающихся производством и дальнейшим экспортом семян и плодов томатов и перца, Секретариат ЕОКЗР принял решение в 2019 году включить ToBRFV в Сигнальный перечень, в 2020 вирус был включен в список А2. Комиссия Европейского союза установила экстренные меры для предотвращения проникновения и распространения на территории внутри стран ЕС вируса коричневой морщинистости плодов томата, что отражено в новом фитосанитарном законодательстве Европейского союза. Решение



Рис. 2. Деформация и неравномерное созревание плодов томата, зараженного ToBRFV (автор фото Каримова Е.В.)

вступило в силу с 1 ноября 2019 года и будет действовать до 31 марта 2022 года [5].

В 2019 году вирус коричневой морщинистости плодов томата был включен в карантинный перечень (список отсутствующих вредных организмов – A1) Аргентины и Чили [5].

5 июня 2020 года Министерство сельского хозяйства США Служба инспекции животных и растений (APHIS) внесла изменения в ограничения на ввоз томатов (*Solanum lycopersicum*) и перца (*Capsicum* spp.) для потребления из стран распространения вируса; кроме того, посадочный и семенной материал растений-хозяев вируса должен быть свободен от ToBRFV, происходить из свободной зоны производства, на основании отрицательных результатов тестирования [1].

До появления информации о вирусе коричневой морщинистости плодов томата вирус мозаики пепино считался одним из самых вредоносных вирусов для производства томатов в закрытом грунте.

Вирус мозаики пепино – представитель семейства Potexvirus. ПерMV был впервые обнаружен на растениях пепино (*Solanum muricatum*) в Перу в 1980 году. В 1999 году вирус был впервые выявлен на томатах в Нидерландах и с того времени стал стремительно распространяться по всему миру [5].

Сегодня филогенетически выделяют пять штаммов ПерMV, а именно европейский (EU), перуанский (LP), чилийский-2 (CH2) и американский-1 (US1) и штамм PES, идентифицированный на дикорастущих видах растений семейства пасленовые в Перу.

ПерMV – является РНК вирусом. Вирионы представляют собой гибкие

нитевидные частицы размером 12,5 × 510 нм.

Вирус мозаики пепино имеет достаточно широкий круг растений-хозяев. Основными экономически значимыми культурными растениями – хозяевами ПерMV являются томат (*S. lycopersicum*), картофель (*S. tuberosum*), баклажан (*S. melongena*), базилик (*Ocimum basilicum*) и пепино (*S. muricatum*). В последние годы в научной литературе стала появляться информация о восприимчивости к вирусу мозаики пепино растений перца. Доказано, что штамм US1 вызывает на растениях перца системные некротические поражения [5].

Известны случаи заражения ПерMV различных сорных растений, произрастающих около теплиц с инфицированными томатами, таких, как выюнок полевой, выюнок хмелевидный, календула полевая, мальва лесная, мальва мелкоцветковая, мальва многолетняя, мальва незамеченная, марь постенная, осот нежнейший, осот огородный, осот шероховатый, паслен сладко-горький, паслен черный, паслен, подорожник большой, подорожник зайцевогий, хризантема полевая, щирица запрокинутая, щирица зеленая, щирица маскированная [9]. Все эти растения могут играть значительную роль в дальнейшем распространении вируса в зоне, подверженной опасности.

Вредоносность вируса мозаики пепино выражается в снижении общего урожая плодов (уменьшение размеров плодов); значительной потере товарных качеств урожая; снижении рыночной стоимости урожая плодов; замедлении роста и развития растений.

ПерMV может вызывать различные симптомы на растениях томата. Интенсивность проявления симптомов варьирует от незначительных до серьезных в зависимости от агрессивности изолята ПерMV, возраста и сорта томата, а также условий выращивания. Первые симптомы обычно можно наблюдать через 2–3 недели после заражения. Ранние симптомы проявляются на верхних частях пораженных растений в виде образования светло-зеленых тонких или игольчатых листьев и задержки роста, позже наблюдают желтые угловатые пятна, слабый межжилковый хлороз и деформации. На побегах и цветках могут развиваться некрозы, влияющие на развитие цветков и плодов (рис. 3, 4). Сильно пора-

женные растения становятся чахлыми и деформированными [10].

Часто на зараженных растениях томата симптомы отсутствуют, в связи с чем риск распространения вируса с латентно зараженными растениями возрастает. Зараженные семена растений-хозяев также бессимптомные.

На плодах томата в результате заражения ПерMV чаще всего развиваются желто-красные мозаичные узоры, называемые мраморностью, что может привести к неравномерному созреванию плодов. Иногда наблюдается растрескивание плодов, их деформация и некротизация [11].

Сорные растения-хозяева заражаются ПерMV преимущественно в латентной форме.

ПерMV характеризуется способностью длительное время сохранять свою инфекционность в растительных остатках, почве и искусственных почвенных субстратах, в растворах для гидропоники и в поливной воде, на конструкциях теплиц, с.-х. орудиях и инвентаре, одежде и обуви. Доказано, что в соке инфицированных растений томата, нанесенном на различные неорганические поверхности (стекло, алюминий, пластик), вирус сохраняет инфекционность на протяжении пяти недель при относительно невысокой температуре и высокой влажности воздуха [12]. ПерMV – очень контагиозный патоген, легко распространяющийся механически через загрязненные инструменты, обувь, одежду, руки и контакты между растениями [13].

Доказана возможность распространения ПерMV между растениями томатов, выращиваемых в закрытой гидропонной системе. После передачи вируса через зараженный питательный раствор ПерMV был об-



Photo Shneyder Y.

Рис. 3. Плод томата, зараженного ПерMV (автор фото Шнейдер Ю.А.)



Рис. 4. Симптомы ПерMV на растении томата (автор фото Приходько Ю.Н.)

наружен во всех частях растений с помощью методов ОТ-ПЦР с иммунозахватом, классической ОТ-ПЦР, электронной микроскопии и прививки на растения-индикаторы. ПерМV был выявлен в корневой системе через 1–3 недели после инокуляции (вакцинации), а затем быстро распространялся из корней в листья и молодые развивающиеся плоды, где был найден еще через неделю [14, 15].

Главный путь, которым вирус мозаики пепино может проникнуть и распространиться на территории Российской Федерации, – международная торговля семенами томата. Кроме того, ЕОКЗР признает, что зараженные плоды способствуют распространению ПерМV на большие расстояния [5]. Нельзя исключать вероятность того, что семена из плодов, импортируемых для потребления, могут быть в дальнейшем использованы для размножения. Распространение ПерМV также со сточными водами при утилизации инфицированных плодов будет способствовать последующему заражению посадок томата открытого грунта. Не исключена вероятность прорастания семян из выброшенных или частично компостированных плодов (самосев). По информации САВИ, тара и упаковочные материалы, используемые при перемещении плодов, могут быть загрязнены вирусом мозаики пепино, в особенности в случае повреждения плодов, вследствие чего тару необходимо тщательно дезинфицировать [8]. В каждом таком случае инфекция может образовать локальный очаг.

Насекомые-опылители также способствуют распространению вируса мозаики пепино с зараженных растений томата на здоровые [16,

17], а также с зараженных растений томата – на несколько видов сорных растений [9]. Кроме этого, была установлена потенциальная возможность распространения ПерМV почвенным грибом *Olpidium virulentus* [18].

В большинстве проведенных исследований зараженность ПерМV семян томата была низкой. Однако вследствие эффективной механической передачи наличие даже немногочисленных зараженных семян приводит к очень быстрому распространению этого вируса в посадках томата.

Особая опасность для Российской Федерации вируса мозаики пепино связана с тем, что в южных регионах страны томаты и баклажаны выращивают в открытом грунте, откуда, в случае проникновения ПерМV, вирус может распространиться на картофель и другие растения-хозяева открытого грунта.

Сегодня, по данным ЕОКЗР, ПерМV распространен достаточно широко в странах Европы [5]. Одной из причин этого можно назвать отсутствие лабораторного исследования при импорте продукции плодов томата и баклажана.

Благодаря своевременному и строгому применению фитосанитарных мер ряду стран (Норвегия, Словакия, Хорватия, Чехия, Швеция) удалось ликвидировать очаги вируса на своей территории [5].

В 1915 году в Австралии впервые было зарегистрировано заболевание томатов, проявляющееся в виде пятнистого увядания (“spotted wilt”) и бронзовости листьев. Позднее было установлено, что его возбудитель распространяется несколькими видами трипсов. В 1930 году возбудителю было присвоено его нынешнее название – Tomato spotted wilt virus – вирус пятнистого увядания томата, или бронзовости томата [2].

TSWV – РНК-вирус. Вирионы представляют собой сферические частицы диаметром до 100 нм.

TSWV имеет широкий круг растений-хозяев. Согласно одному из обзоров [19], вирус заражает 271 вид из 34 семейств двудольных и 7 семейств однодольных растений. По другой оценке, TSWV способен заражать более 900 видов растений 90 ботанических семейств [20].

Основные растения-хозяевами вируса пятнистого увядания томата – томат (*S. lycopersicum*), разные виды перца *Capsicum* spp, баклажан (*S. melongena*), картофель (*S.*

tuberosum), лук (*Allium cepa*, *Allium porrum*), чеснок (*Allium sativum*), огурец (*Cucumis sativus*), бегония (*Begonia* spp.), георгин (*Dahlia* spp.), гладиолус (*Gladiolus* spp.), герань (*Geranium* spp.), гербера (*Gerbera* spp.), драцена (*Dracaena* spp.), ирис (*Iris* spp.), лилия (*Lilium* spp.), пеларгония (*Pelargonium* spp.), пион (*Peony* spp.), хризантема (*Chrysanthemum* spp.) и другие [5, 8].

Высокое экономическое значение вируса пятнистого увядания томата обусловлено его широкой географической распространенностью, способностью поражать многочисленные виды растений и сложностью борьбы с трипсами-переносчиками [20].

На многих восприимчивых с.-х. культурах вирус пятнистого увядания томата вызывает сильное угнетение роста растений, вплоть до их отмирания, снижение количества и веса плодов. При заражении растений томата на более поздних стадиях их развития верхушки побегов некротизируются, а на плодах развиваются некротические или хлоротические пятна и кольца (рис. 5, 6).

Опустошительные вспышки болезни наблюдались во Франции и Испании на томате и перце в открытом и защищенном грунте; потери урожая на этих культурах могут достигать 100% [21]. На растениях томата открытого грунта в Турции TSWV вызывал потери до 42% урожая и практически полное исчезновение товарных качеств плодов [22].

В Индии этот вирус – наиболее значимый патоген арахиса, вызывающий потери урожая до 80% [21].

В ряде регионов Аргентины, Бразилии, Канады, США, Дании, Италии, Великобритании



Рис. 5. Симптомы TSWV на плодах томатов (автор фото Каримова Е.В.)



Рис. 6. Симптомы TSWV на плодах перцев (автор фото Каримова Е.В.)

и Нидерландов вирус пятнистого увядания томата – наиболее вредоносный вирусный патоген растений [21].

В Европе TSWV наиболее вредоносен для овощных и цветочно-декоративных культур в условиях закрытого грунта, однако на юге континента представляет значительную опасность также и для восприимчивых культур в открытом грунте [21].

Внешние признаки заражения вируса пятнистого увядания томата на разных видах растений могут существенно варьировать и проявляться в виде следующих основных симптомов: хлоротической и некротической кольцевой пятнистости, системного увядания, опадения цветков, стрика, мозаики, крапчатости, линейных рисунков, желтой сетчатости, деформации листовых пластинок и пожелтения жилок листьев. Молодые растения могут нести латентную инфекцию и не проявлять симптомов заболевания.

Большие объемы импорта в Российскую Федерацию растений, посадочного материала и плодов из стран широкого распространения этого вируса, создает угрозу распространения TSWV на территории РФ.

В ранних исследованиях вируса австралийскими учеными [21] было установлено, что TSWV распростра-

няется персистентным способом с помощью трипсов, таких как: западный цветочный (калифорнийский) трипс (*Frankliniella occidentalis*), трипс разноядный (*Frankliniella intonsa*) и табачный трипс (*Thrips tabaci*) [2].

В качестве путей распространения этого вируса следует рассматривать инфицированные растения для посадки или их части в том числе клубни картофеля, луковицы растений рода *Allium* (лук, чеснок), посадочный материал декоративных цветочных культур, комнатные, горшечные растения, например, такие как бальзамин, бегония, герань, гербера, пеларгония, фиалка, фуксия, хризантема, цикламен и многие другие, а также вирофорные особи переносчиков-трипсов.

При исследовании импортной подкарантинной продукции плодов томата на территории Российской Федерации неоднократно были выявлены трипсы-переносчики TSWV. В случае выращивания томатов в теплицах, заселенных трипсами, а также в случае заражения плодов томата вирусом и питании на нем трипса в процессе перемещения, насекомые становятся вирофорными и могут распространить инфекцию на другие растения-хозяева, которые насчитывают более 900 видов,

в чем и состоит основной фитосанитарный риск.

Одна из основных задач фитосанитарной службы – предупредить проникновение и распространение карантинных вредных организмов на территории Российской Федерации.

Анализ фитосанитарного риска (АФР) для описанных выше вирусов были завершены в 2020 году. Результаты АФР показали, что ToBRFV, PepMV, TSWV соответствуют критериям карантинных для Российской Федерации организмов, вирусы способны проникнуть на территорию страны с подкарантинной продукцией, распространиться и нанести существенный ущерб развитию сельского хозяйства и экономической деятельности страны. В связи с чем исследования по совершенствованию методов выявления и идентификации, повышению специфичности и чувствительности тест-систем, проводимые в настоящее время сотрудниками научного подразделения ФГБУ «ВНИИР», своевременны и очень актуальны. Полученные в ходе исследований результаты будут использованы для разработки и совершенствования методик, которые позволят надежно идентифицировать данные вирусные фитопатогены в рамках лабораторных исследований.

Библиографический список

1. Каримова Е.В., Шнейдер Ю.А. Вирус коричневой морщинистости плодов томата – потенциальная угроза для производства томатов и перца // Фитосанитария. Карантин растений. 2020. №3. С. 7 – 16.
2. Отработка молекулярных методов диагностики вируса пятнистого увядания томата. Живаева Т.С., Лозовая Е.Н., Каримова Е.В., Шнейдер Ю.А., Приходько Ю.Н. (In press.).
3. Евразийская экономическая комиссия [Электронный ресурс]. URL: <http://www.eurasiancommission.org/> (Дата обращения 15.03.2021).
4. Luria N. et al. A New Israeli Tobamovirus Isolate Infects Tomato Plants Harboring Tm-2 Resistance Genes. *PLoS ONE*. 2017. Pp. 1-19. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0170429>.
5. Глобальная база данных ЕОКЗР [Электронный ресурс]. URL: <https://gd.eppo.int> (Дата обращения 15.03.2021).
6. Detection of tobamoviruses by RT-PCR using a novel pair of degenerate primers. Li Y, Tan G, Lan P, Zhang A, Liu Y, Li R & Li F. *Journal of Virological Methods*. 2018. 259. Pp. 122–128.
7. Smith E. et al. Aspects in tobamovirus management in modern agriculture: Cucumber green mottle mosaic virus. *Acta Horticulture*. 2019. 1257. Pp. 1–8.
8. Справочник по защите растений [Электронный ресурс]. URL: <https://www.cabi.org> (Дата обращения 15.03.2021).
9. The potential role of native weed species and bumble bees (*Bombus impatiens*) on the epidemiology of Pepino mosaic virus. Stobbs L.W., Greig N., Weaver S., Shipp L., Ferguson G. *Canadian Journal of Plant Pathology*. 2010. Vol. 31. Pp. 254–261.
10. Methods of diagnostic of Pepino mosaic virus in Russian Federation. Shneider Y., Morozova O., Tikhomirova M.,

Karimova E., Prikhodko Y. Abstracts of the V Int. Symp. on Tomato Diseases: Perspectives and Future Directions in Tomato Protection. Spain. Malaga. 2016. P. 91.

11. Методы диагностики вируса мозаики пегино в Российской Федерации. Шнейдер Ю.А., Морозова О.Н., Каримова Е.В., Смирнова И.П. // Современные подходы и методы в защите растений / Сборник докладов междунар. конференции. Екатеринбург, 2018. С. 101–103.
12. Mumford R.A., Jones R.A.C. Pepino mosaic virus // *CMI/AAB Descriptions of Plant Viruses*. 2005. Vol. 411. 9 p.
13. Pospieszny H., Borodynko N. New Polish isolate of Pepino mosaic virus highly distinct from European tomato, Peruvian, and US2 strains // *Plant Disease*. 2006. Vol. 90 (8). P. 1106.
14. Survival and transmission of Potato virus Y, Pepino mosaic virus, and Potato spindle tuber viroid in water. Mehle N., Gutiérrez-Aguirre I., Prezelj N., Delić D., Vidic U., Ravnikar M. *Appl. Environ. Microbiol.* 2014. Vol. 80(4). Pp. 1455–1462.
15. Spread and interaction of Pepino mosaic virus (PepMV) and *Pythium aphanidermatum* in a closed nutrient solution recirculation system: effects on tomato growth and yield. Schwarz D., Beuch U., Bandte M., Fakhro A., Büttner C., Obermeier C. *Plant Pathology*. 2010. Vol. 59(3). Pp. 443–452.
16. Vectoring of Pepino mosaic virus by bumble-bees in tomato greenhouses. Shipp J.L., Buitenhuis R., Stobbs L., Wang K., Kim W.S., Ferguson G. *Annals of Applied Biology*. 2008. Vol. 153(2). Pp. 149–155.
17. Hanssen I.M. et al. Seed transmission of Pepino mosaic virus in tomato // *European Journal of Plant Pathology*. 2010. Vol. 126. Pp. 2010–2020.
18. Transmission of Pepino mosaic virus by the Fungal Vector *Olpidium virulentum*. Alfaro-Fernández A., Del Carmen Córdoba-Sellés M., Herrera-Vásquez J., Cebrián M.D.C., Jordá C. // *Journal of Phytopathology*. 2010. Vol. 158.

Рр. 217–226.

19. Edwardson I.R., Christie R.G. Tomato spotted wilt virus // Viruses infecting forage legumes. Florida Agriculture Experiment Stations Monograph Series. 1986. No14. Pp. 563–579.

20. Pappu H.R., Jones R.A.C., Jain R.K. Global status of tospovirus epidemics in diverse cropping systems: Successes achieved and challenges ahead // Virus Research. 2009. Vol. 141. Pp. 219–236.

21. Tomato spotted wilt virus // In: Quarantine pests for Europe. 2nd edition (Ed. by Smith I.M.; McNamara D.G.; Scott P.R.; Holderness M.). CAB INTERNATIONAL, Wallingford (GB). 1996. 420 p.

22. Sevik M.A., Arli-Sokmen M. Estimation of the effect of Tomato spotted wilt virus (TSWV) infection on some yield components of tomato // Phytoparasitica. 2012. Vol. 40. Pp. 87–93.

References

1. Karimova E.V., Shneyder Yu.A. Tomato brown rugose fruit virus is a potential threat to the production of tomatoes and peppers. Phytosanitary. Plant quarantine. 2020. No3. Pp. 7–16. (In Russ.).

2. Development of molecular methods for diagnostics of tomato spotted wilt virus. Zhivaeva T.S., Lozovaya E.N., Karimova E.V., Shneider Yu.A., Prikhodko Yu.N. (In press.).

3. Eurasian Economic Commission [Web resource]. Access mode: <http://www.eurasiancommission.org/> Access date: 03.15.2021. (In Russ.).

4. Luria N. et al. A New Israeli Tobamovirus Isolate Infects Tomato Plants Harboring Tm-2 Resistance Genes. PLoS ONE. 2017. Pp. 1–19. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0170429>.

5. EPPO Global database [Web resource]. Access mode: <https://gd.eppo.int> (date of access 03/15/2021). (In Russ.).

6. Detection of tobamoviruses by RT-PCR using a novel pair of degenerate primers. Li Y, Tan G, Lan P, Zhang A, Liu Y, Li R & Li F. Journal of Virological Methods. 2018. 259. Pp. 122–128.

7. Aspects in tobamovirus management in modern agriculture: Cucumber green mottle mosaic virus. Smith E, Luria N, Reingold V, Frenkel O, Koren A, Klein E, Bekelman H & Lachman. Acta Horticulture. 2019. Vol. 1257. Pp. 1–8.

8. Crop protection compendium [Web resource]. Access mode: <https://www.cabi.org> Access date 03.15.2021. (In Russ.).

9. The potential role of native weed species and bumble bees (Bombus impatiens) on the epidemiology of Pepino mosaic virus. Stobbs L.W., Greig N., Weaver S., Shipp L., Ferguson G. Canadian Journal of Plant Pathology. 2010. Vol. 31. Pp. 254–261.

10. Methods of diagnostic of Pepino mosaic virus in Russian

Federation. Shneider Y., Morozova O., Tikhomirova M., Karimova E., Prikhodko Y. Abstracts of the V Int. Symp. on Tomato Diseases: Perspectives and Future Directions in Tomato Protection. Spain, Malaga. 2016. P. 91.

11. Methods for diagnosing the pepino mosaic virus in the Russian Federation. Shneyder Yu.A., Morozova O.N., Karimova E.V., Smirnova I.P. Modern approaches and methods in plant protection. Collection of reports of the international conference. Yekaterinburg. 2018. Pp. 101–103. (In Russ.).

12. Mumford R.A., Jones R.A.C. Pepino mosaic virus. CMI/AAB Descriptions of Plant Viruses. 2005. Vol. 411. 9 p.

13. Pospieszny H., Borodynko N. New Polish isolate of Pepino mosaic virus highly distinct from European tomato, Peruvian, and US2 strains. Plant Disease. 2006. Vol. 90(8). P. 1106.

14. Survival and transmission of Potato virus Y, Pepino mosaic virus, and Potato spindle tuber viroid in water. Mehle N., Gutiérrez-Aguirre I., Prezelj N., Delić D., Vidic U., Ravnikar M. Appl. Environ. Microbiol. 2014. Vol. 80(4). Pp. 1455–1462.

15. Spread and interaction of Pepino mosaic virus (PepMV) and Pythium aphanidermatum in a closed nutrient solution recirculation system: effects on tomato growth and yield. Schwarz D., Beuch U., Bandte M., Fakhro A., Büttner C., Obermeier C. Plant Pathology. 2010. Vol. 59(3). Pp. 443–452.

16. Vectoring of Pepino mosaic virus by bumble-bees in tomato greenhouses. Shipp J.L., Buitenhuis R., Stobbs L., Wang K., Kim W.S., Ferguson G. Annals of Applied Biology. 2008. Vol. 153(2). Pp. 149–155.

17. Hanssen I.M. et al. Seed transmission of Pepino mosaic virus in tomato. European Journal of Plant Pathology. 2010. Vol. 126. Pp. 2010–2020.

18. Transmission of Pepino mosaic virus by the Fungal Vector *Oplidium virulentus*. Alfaro-Fernández A., Del Carmen Córdoba-Sellés M., Herrera-Vásquez J., Cebrián M.D.C., Jordá C. Journal of Phytopathology. 2010. Vol. 158. Pp. 217–226.

19. Edwardson I.R., Christie R.G. Tomato spotted wilt virus. Viruses infecting forage legumes. Florida Agriculture Experiment Stations Monograph Series. 1986. No14. Pp. 563–579.

20. Pappu H.R., Jones R.A.C., Jain R.K. Global status of tospovirus epidemics in diverse cropping systems: Successes achieved and challenges ahead. Virus Research. 2009. Vol. 141. Pp. 219–236.

21. Tomato spotted wilt virus. In: Quarantine pests for Europe. 2nd edition (Ed. by Smith I.M.; McNamara D.G.; Scott P.R.; Holderness M.). CAB INTERNATIONAL. Wallingford (GB). 1996. 420.

22. Sevik M.A., Arli-Sokmen M. Estimation of the effect of Tomato spotted wilt virus (TSWV) infection on some yield components of tomato. Phytoparasitica. 2012. Vol. 40. Pp. 87–93.

Об авторах

Шнейдер Юрий Андреевич, канд. биол. наук, и.о. зам. директора, начальник научно-методического и экспериментального центра, с.н.с. Тел.: +7 (499) 707-22-27, доп. 1520. E-mail: yury.shneyder@mail.ru

Каримова Елена Владимировна, канд. биол. наук, с.н.с. научно-методического отдела вирусологии и бактериологии. Тел.: +7 (499) 707-22-27, доп. 1709. E-mail: elenavkar@mail.ru

Приходько Юрий Николаевич, канд. с.-х. наук, в.н.с. научно-методического отдела вирусологии и бактериологии. Тел.: +7 (499) 707-22-27, доп. 1701. E-mail: prihodko_yuri59@mail.ru

Лозовая Евгения Николаевна, н.с. отдела аспирантуры ФГБУ «Всероссийский центр карантина растений», р.п. Быково, Россия. Тел.: +7 (499) 707-22-27, доп. 1885. E-mail: evgeniyaf@mail.ru

Живаева Татьяна Степановна, н.с. научно-методического отдела вирусологии и бактериологии. Тел.: +7 (499) 707-22-27, доп. 1704. E-mail: zhivaeva.vniikr@mail.ru

ФГБУ «Всероссийский центр карантина растений»

Author details

Shneyder Y.A., Cand. Sci. (Biol.), acting deputy director, head of the scientific, methodological and experimental centre, senior research fellow. Phone: +7 (499) 707-22-27, ad. 1520. E-mail: yury.shneyder@mail.ru

Karimova E.V., Cand. Sci. (Biol.), senior research fellow of scientific and methodological department of virology and bacteriology. Phone: +7 (499) 707-22-27, ad. 1709. E-mail: elenavkar@mail.ru

Prikhodko Yu.N., Cand. Sci. (Agr.), leading research fellow, Scientific and Methodological Department of Virology and Bacteriology. Phone: +7 (499) 707-22-27, ad. 1701. E-mail: prihodko_yuri59@mail.ru

Lozovaya E.N., research fellow, Postgraduate Studies Department, Phone: +7 (499) 707-22-27, ad. 1885. E-mail: evgeniyaf@mail.ru

Zhivaeva T.S., research fellow, Scientific and Methodological Department of Virology and Bacteriology. Phone: +7 (499) 707-22-27, ad. 1704. E-mail: zhivaeva.vniikr@mail.ru

All-Russian Center for Plant Quarantine