

Симптоматология российских изолятов вируса шарки слив

*ПРИХОДЬКО Ю.Н.¹, ЖИВАЕВА Т.С.²,
ШНЕЙДЕР Ю.А.³

ФГБУ «Всероссийский центр карантина
растений» (ФГБУ «ВНИИКР»), р. п. Быково,
г. о. Раменский, Московская обл., Россия, 140150

¹ e-mail: prihodko_yuri59@mail.ru

² e-mail: zhivaeva.vniikr@mail.ru

³ ORCID 0000-0002-7565-1241

e-mail: yury.shneyder@mail.ru

АННОТАЦИЯ

Вирус шарки (оспы) слив (*Plum pox virus*, PPV) является самым вредоносным вирусным патогеном косточковых плодовых культур. PPV характеризуется высокой генетической вариабельностью и его мировая популяция подразделяется на 10 штаммов, представляющих собой монофилетические группы генетически близкородственных изолятов. Характерной особенностью популяции вируса шарки слив в Российской Федерации является наличие эндемичных штаммов и самое высокое в мире генетическое разнообразие, обусловленное присутствием 7 штаммов этого вируса (C, D, M, Rec, W, CR и CV) из 10 известных. Штаммы PPV различаются по антигенным и эпидемиологическим свойствам, кругу хозяев, географической распространенности и патогенности для различных видов косточковых культур. Вирус шарки слив вызывает на листьях и плодах косточковых культур различные типы симптомов, некоторые из которых являются достаточно видоспецифичными и могут иметь важное диагностическое значение при проведении обследований. Бессимптомные инфекции для PPV не характерны, но степень выраженности симптомов может существенно варьироваться в зависимости от вида растения-хозяина, штамма вируса, сезона и климатических условий. Для диагностики PPV разработаны надежные иммунохимические и молекулярные методы анализа, однако диагностика по симптомам по-прежнему является достаточно эффективным и недорогим способом первичного выявления растений, зараженных этим вирусом. В статье приводится анализ многолетних наблюдений по симптоматологии основных штаммов вируса шарки слив, распространенных в Российской Федерации. Констатируется, что наиболее легко диагностируемыми на всех косточковых культурах являются симптомы изолятов штамма D. Симптомы изолятов штамма W, как правило, маскируются во второй половине вегетационного сезона. Симптомы изолятов штаммов C и CR более интенсивно развиваются на корневой поросли растений вишни, и менее – на плодоносящих деревьях. Определяющее значение для эффективно-го выявления симптомов вируса шарки слив имеет проведение обследований в оптимальные сроки,

Symptomatology of Russian plum pox virus isolates

*YURI N. PRIKHODKO¹, TATIANA S. ZHIVAEVA²,
YURI A. SHNEYDER³

FGBU "All-Russian Plant Quarantine Center"
(FGBU "VNIKIR"), Bykovo, Ramenskoye,
Moscow Oblast, Russia, 140150

¹ e-mail: prihodko_yuri59@mail.ru

² e-mail: zhivaeva.vniikr@mail.ru

³ ORCID 0000-0002-7565-1241

e-mail: yury.shneyder@mail.ru

ABSTRACT

Plum pox virus, PPV, is the most harmful viral pathogen of stone fruit crops. PPV is characterized by high genetic variability and its world population is divided into 10 strains, which are monophyletic groups of genetically closely related isolates. A characteristic feature of the PPV population in the Russian Federation is the presence of endemic strains and the highest genetic diversity in the world, due to the presence of 7 strains of this virus (PPV-C, PPV-D, PPV-M, PPV-Rec, PPV-W, PPV-CR and PPV-CV) out of 10 known. PPV strains vary in antigenic and epidemiological properties, host range, geographic distribution and pathogenicity for different stone fruit species. PPV causes different symptoms on the leaves and fruits of stone fruits, some of which are quite species-specific and can be of important diagnostic value during inspections. Asymptomatic infections are not typical for PPV, but the severity of symptoms can vary significantly depending on the host plant species, virus strain, season and climatic conditions. Reliable immunochemical and molecular analysis methods have been developed for diagnosing PPV, but symptom-based diagnosis is still a fairly effective and inexpensive way to initially identify plants infected with this virus. The article provides an analysis of long-term observations on the symptomatology of the main PPV strains common in the Russian Federation. It has been stated that the symptoms of PPV-D isolates are the most easily diagnosed on all stone fruit crops. The symptoms of PPV-W isolates, as a rule, are invisible in the second half of the growing season. Symptoms of PPV-C and PPV-CR isolates develop more intensively on the root shoots of cherry plants, and less on fruit-bearing trees. Conducting examinations at optimal times, which occur in late

которые приходится на поздневесенний и ранне-летний период.

Ключевые слова. косточковые плодовые культуры, иммуноферментный анализ, полимеразная цепная реакция, праймеры, штаммы.

ВВЕДЕНИЕ

Вирус шарки (оспы) слив (*Plum pox virus*, PPV; род *Potyvirus*, сем. *Potyviridae*) вызывает у косточковых культур болезнь, называемую шаркой. Реакция растения на заражение этим вирусом сопровождается накоплением активных форм кислорода, что приводит к поражению хлоропластов, фотосинтетического аппарата и развитию видимых симптомов инфекции на листьях, плодах, цветках и семенах (Clemente-Moreno et al., 2015). Вирус способен заражать практически все растения косточковых культур рода *Prunus* (сем. *Rosaceae*), а также ряд растений из других таксономических групп (EPPO, 2024).

PPV считается самым вредоносным вирусным патогеном косточковых плодовых культур, вызывает преждевременное массовое (до 100%) опадание плодов, снижает их качество, что приводит к значительным потерям урожая персика, абрикоса, сливы и других экономически значимых культур. Ежегодный ущерб от этого вируса в мире оценивается в сотни миллионов евро, а количество уничтоженных зараженных деревьев исчисляется миллионами (Cambra et al., 2006).

На основании анализа полных последовательностей генома в настоящее время различают 10 штаммов вируса: Dideron (D), Marcus (M), Recombinant (Rec), Cherry (C), Cherry Russian (CR), Cherry Volga (CV), El Amar (EA), Winona (W), Turkish (T) и Ancestral (An) (James et al., 2013; Glasa, Candresse, 2020). Штаммы представляют собой монофилетические группы генетически близкородственных изолятов. Наряду с точечными мутациями важную роль в эволюции PPV играет рекомбинация (Glasa et al., 2004; Glasa, Candresse, 2005; Hajizadeh et al., 2019).

Штаммы PPV различаются по антигенным и эпидемиологическим свойствам, кругу хозяев, географической распространенности и патогенности для различных видов косточковых культур. В зарубежной Европе, Средиземноморском бассейне, странах Азии и Америки широко распространены штаммы D, M и Rec, остальные встречаются редко и (или) эндемичны для определенных регионов. Так, изоляты штамма EA найдены пока только в Египте, а штамма T – только в Турции. Единственный известный изолят штамма An (AL-11pl) обнаружен в Албании (EPPO, 2024). Штаммы C, CR, CV и W выявлены, за малыми исключениями, пока только на территории бывшего СССР (Приходько и др., 2011, 2012; 2012a; 2013; Prikhodko et al., 2013, 2016; Glasa et al., 2012, 2013, 2014; Sheveleva et al., 2012; 2013; Chirkov et al., 2013, 2016, 2018, 2018a; 2022; Shneyder et al., 2017).

spring and early summer, is crucial for the effective identification of PPV symptoms.

Key words. stone fruit crops, enzyme-linked immunoassay, polymerase chain reaction, primers, strains.

INTRODUCTION

Plum pox virus, PPV; genus *Potyvirus*, family *Potyviridae*, causes a disease called shar-ka in stone fruit crops. The plant's response to infection with this virus is accompanied by the accumulation of reactive oxygen species, which leads to damage to chloroplasts, the photosynthetic apparatus and the development of visible infection symptoms on leaves, fruits, flowers and seeds (Clemente-Moreno et al., 2015). The virus can infect almost all stone fruit plants of the genus *Prunus* (fam. *Rosaceae*), as well as plants from other taxonomic groups (EPPO, 2024).

PPV is considered the most harmful viral pathogen of stone fruit crops, causing premature massive (up to 100%) fruit drop, reduces their quality, which leads to significant losses in the yield of peaches, apricots, plums and other economically important crops. The annual worldwide damage from this virus is estimated at hundreds of millions of euros, with millions of destroyed infected trees (Cambra et al., 2006).

Based on the analysis of complete genome sequences, 10 strains of the virus are currently distinguished: PPV-Dideron (D), PPV-Marcus (M), PPV-Recombinant (Rec), PPV-Cherry (C), PPV-Cherry Russian (CR), PPV-Cherry Volga (CV), PPV-El Amar (EA), PPV-Winona (W), PPV-Turkish (T) and PPV-Ancestral (An) (James et al., 2013; Glasa, Candresse, 2020). The strains represent monophyletic groups of genetically closely related isolates. Along with point mutations, recombination plays an important role in the PPV evolution (Glasa et al., 2004; Glasa, Candresse, 2005; Hajizadeh et al., 2019).

PPV strains vary in antigenic and epidemiological properties, host range, geographic distribution and pathogenicity for different stone fruit species. PPV-D, PPV-M and PPV-Rec are widespread in Europe, the Mediterranean basin, countries of Asia and America, the rest are rare and (or) endemic to certain regions. Thus, PPV-EA isolates have so far been detected only in Egypt, and PPV-T - only in Turkey. The only known PPV-An isolate (AL-11pl) was detected in Albania (EPPO, 2024). PPV-C, PPV-CR, PPV-CV and PPV-W have been detected, with few exceptions, so far only in the territory of the former USSR (Prikhodko et al., 2011, 2012; 2012a; 2013; Prikhodko et al., 2013, 2016; Glasa et al., 2012, 2013, 2014; Sheveleva et al., 2012; 2013; Chirkov et al., 2013, 2016, 2018, 2018a; 2022; Shneyder et al., 2017).

Thus, a characteristic feature of the PPV population in Russia is the presence of endemic strains

Таким образом, характерной особенностью популяции вируса шарки слив в России является наличие эндемических штаммов и самое высокое в мире генетическое разнообразие, обусловленное присутствием на ее территории 7 штаммов этого вируса (С, D, М, Rec, W, CR и CV) из 10 известных. Превалирующие в Европе и Восточном Средиземноморье штаммы PPV-D, PPV-M и PPV-Rec, по всей видимости, были интродуцированы в Россию с европейскими сортами различных косточковых культур. Близкое родство российских и европейских изолятов этих штаммов подтверждается филогенетическим анализом последовательностей их геномов. Характерная особенность популяции шарки слив – распространенность штаммов W, С, CR и CV исключительно в Российской Федерации. На филогенетических деревьях, реконструированных на основе частичных или полных последовательностей генома, эти штаммы группируются в отдельный субкластер. Филогенетический анализ показывает, что штаммы W, С, CR и CV имели общего предка, и, по-видимому, эта эволюционная ветвь получила развитие на территории современной России. Гипотетический предок мог возникнуть в России или проникнуть из Передней или Средней Азии с зараженными растениями плодовых косточковых культур. Одним из доказательств вышеизложенной гипотезы является широкое распространение штамма PPV-W на старорусских сортах сливы народной селекции, размножаемых корневой порослью (Чирков, Приходько, 2015; Chirkov et al., 2018; 2022).

Вирус шарки слив вызывает на листьях и плодах косточковых культур различные типы симптомов, некоторые из которых являются достаточно видоспецифичными и могут иметь диагностическое значение. В то же время интенсивность и типы проявления симптомов могут существенно варьироваться в зависимости от штаммовой принадлежности изолятов. В данной статье приведен анализ симптоматики российских изолятов вируса шарки слив на основных растениях-хозяевах в зависимости от штаммовой принадлежности изолятов этого вируса.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Изучение распространенности вируса шарки слив проводили сотрудники подведомственного Россельхознадзору Всероссийского центра карантинных растений (ФГБУ «ВНИИКР») в ходе систематических обследований насаждений косточковых культур в различных субъектах Российской Федерации в 2008–2020 гг. Обследования осуществляли в промышленных садах и питомниках косточковых плодовых культур, на дачных и приусадебных участках, ландшафтных насаждениях и на дикорастущих растениях, согласно межгосударственному стандарту ГОСТ 33505-2015 «Карантин растений. Методы выявления и идентификации потивируса шарки слив», с фотографированием симптомов вирусоподобных аномалий.

Отобранные растительные образцы обследовали в лаборатории на наличие PPV. Первичный скрининговый тест проводили методом ИФА с тест-системами на основе поликлональных антител фирм Adgen (Великобритания), ACD,

and the highest genetic diversity in the world, due to the presence of 7 strains of this virus on its territory (PPV-C, PPV-D, PPV-M, PPV-Rec, PPV-W, PPV-CR and PPV-CV) out of the 10 known ones. The strains PPV-D, PPV-M and PPV-Rec, which are prevalent in Europe and the Eastern Mediterranean, were apparently introduced into Russia with European varieties of various stone fruits. The close relationship of Russian and European isolates of these strains is confirmed by phylogenetic analysis of their genome sequences. A characteristic feature of PPV population is the prevalence of strains PPV-W, PPV-C, PPV-CR and PPV-CV exclusively in the Russian Federation. On phylogenetic trees reconstructed from partial or complete genome sequences, these strains are grouped into a separate subcluster. Phylogenetic analysis shows that strains PPV-W, PPV-C, PPV-CR and PPV-CV had a common ancestor, and, apparently, this evolutionary branch developed on the territory of modern Russia. The hypothetical ancestor could have originated in Russia or invaded from Western or Central Asia with infected stone fruit plants. One of the proofs of the above hypothesis is the widespread distribution of the PPV-W strain on old Russian plum varieties of folk selection, propagated by root shoots (Chirkov, Prikhodko, 2015; Chirkov et al., 2018, 2022).

PPV causes different types of symptoms on the stone fruit leaves and fruits, some of which are quite species-specific and may be of diagnostic value. At the same time, the symptoms intensity and types can vary significantly depending on the isolate strain. This article provides an analysis of the symptomatology of Russian PPV isolates on the main host plants, depending on the strain affiliation of the isolates of this virus.

MATERIALS AND METHODS

The prevalence of PPV was studied by researchers of FGBU “VNIICR”, subordinate to Rosselkhoz nadzor, during systematic surveys of stone fruit plantings in various regions of the Russian Federation in 2008–2020. The surveys were carried out in industrial gardens and nurseries of stone fruit crops, in summer cottages and garden plots, landscape plantings and on wild plants, in accordance with the interstate standard GOST 33505–2015 “Plant Quarantine. Methods for detecting and identifying PPV”, with photographing symptoms of virus-like anomalies.

Selected plant samples were examined in the laboratory for the presence of PPV. The primary screening test was carried out by ELISA with test systems based on polyclonal antibodies from Adgen (UK), ACD, Agdia (both USA), Bioreba (Switzerland), DSMZ and Loewe (both Germany) and test systems based on monoclonal antibodies 5B-IVIA from Agritest (Italy), according to the instructions supplied with the kits. Confirmatory tests were carried out with test systems for real-time PCR (RT-PCR) for PPV from Agrodiagnostica and Synthol (both Russia), a test system for FLASH-PCR for PPV (Agrodiagnostica) and the classical RT-PCR method with primers P1/P2 (Wetzel et al., 1991), 3' NCP

Agdia (обе – США), Bioreba (Швейцария), DSMZ и Loewe (обе – Германия) и тест-системы на основе моноклональных антител 5В-IVIA фирмы Agritest (Италия), согласно прилагаемым к наборам инструкциям. Подтверждающие тесты проводили с тест-системами для ПЦР в реальном времени (ОТ-ПЦР-РВ) к PPV фирм Агродиагностика и Синтол (обе – Россия), тест-системой для FLASH-ПЦР к PPV (Агродиагностика) и методом классической ОТ-ПЦР с праймерами P1/P2 (Wetzel et al., 1991), 3' NCP sense/3' NCP antisense (Levy, Hadidi, 1994) и s1/as2 (Агродиагностика), которые позволяют диагностировать комплекс изолятов PPV вне зависимости от их штаммовой принадлежности (Приходько и др., 2019).

Первичную идентификацию штаммов PPV проводили методом TAS-ELISA с тест-системами на основе моноклональных антител 4DG5, Al, AC и EA-24, специфичных соответственно к штаммам D, M, C и EA производства фирмы Agritest (Италия). Дальнейшую идентификацию штаммов PPV осуществляли методом классической ОТ-ПЦР с использованием следующих штаммспецифичных праймеров: к штамму D – праймеры P1/PD (Candresse et al., 1995), mD3/mD5 (Subr et al., 2004) и M1/M5 (Szemes et al., 2001), к штамму M – праймеры P1/PM (Candresse et al., 1995), mM3/mM5 (Subr et al., 2004) и M6/M7 (Szemes et al., 2001), к штамму Rec – праймеры mM3/mD5 (Subr et al., 2004), к штамму C – праймеры CSoc-2/HSoC-2 (Nemchinov, A. Hadidi, 1998) и M10/M11 (Szemes et al., 2001), к штамму W – праймеры 3174-sp-F3/3174-sp-R1 (James, Varga, 2004) и W8328F/W8711R (Glasa et al., 2011) и к штамму CR – праймеры CR8597F/CR9023R (Glasa et al., 2013). Окончательную идентификацию штаммов вируса шарки слив выполняли методом секвенирования полученных продуктов амплификации генетическом анализаторе ABI PRISM 3500 (Applied Biosystems, США) с использованием набора BigDie Terminator v.1.1 Cycle Sequencing Kit, согласно рекомендациям производителя. Анализ полученных последовательностей проводили с использованием пакета программ BioEdit 7.051 и MEGA 4.0.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

В результате многолетних исследований нами было выявлено 395 изолятов вируса шарки слив, относящихся к штаммам D (148 изолятов), W (109 изолятов), CR (85 изолятов), C (27 изолятов), M (25 изолятов) и Rec (1 изолят), которые хранятся в рабочей коллекции вирусов научно-методического отдела вирусологии ФГБУ «ВНИИКР». Анализ распространенности PPV на территории России приведен в ряде предшествующих публикаций (Prikhodko et al., 2013, 2013a; 2016; Чирков, Приходько, 2015). Многочисленные изоляты штаммов C, CR, CV, D, M, Rec и W были выявлены также вирусологами МГУ имени М.В. Ломоносова в различных регионах Европейской части Российской Федерации (Sheveleva et al., 2012, 2013; Chirkov et al., 2013, 2016, 2018, 2018a, 2022; Закубанский и др., 2016).

Подавляющее большинство выявленных очагов вируса шарки слив к настоящему времени ликвидировано.

sense/3' NCP antisense (Levy, Hadidi, 1994) and s1/as2 (Agrodiagnostica), which allow diagnosing a complex of PPV isolates regardless of their strain affiliation (Prikhodko et al., 2019).

The primary identification of PPV strains was carried out by the TAS-ELISA method with test systems based on monoclonal antibodies 4DG5, Al, AC and EA-24, specific for strains PPV-D, PPV-M, PPV-C and PPV-EA, respectively, produced by Agritest (Italy). Further identification of PPV strains was carried out by classical RT-PCR using the following strain-specific primers: for PPV-D – primers P1/PD (Candresse et al., 1995), mD3/mD5 (Subr et al., 2004) and M1/M5 (Szemes et al., 2001), PPV-M – primers P1/PM (Candresse et al., 1995), mM3/mM5 (Subr et al., 2004) and M6/M7 (Szemes et al., 2001), PPV-Rec – primers mM3/mD5 (Subr et al., 2004), PPV-C – primers CSoc-2/HSoC-2 (Nemchinov, Hadidi, 1998) and M10/M11 (Szemes et al., 2001), PPV-W – primers 3174-sp-F3/3174-sp-R1 (James, Varga, 2004) and W8328F/W8711R (Glasa et al., 2011) and for PPV-CR – primers CR8597F/CR9023R (Glasa et al., 2013). The final identification of PPV strains was performed by sequencing the obtained amplification products on an ABI PRISM 3500 genetic analyzer (Applied Biosystems, USA) using the BigDie Terminator v.1.1 Cycle Sequencing Kit, according to the manufacturer's recommendations. Analysis of the obtained sequences was carried out using the BioEdit 7.051 and MEGA 4.0 software package.

RESULTS AND DISCUSSION

As a result of long-term research, 395 PPV isolates were identified belonging to strains PPV-D (148 isolates), PPV-W (109 isolates), PPV-CR (85 isolates), PPV-C (27 isolates), PPV-M (25 isolates) and PPV-Rec (1 isolate), which are stored in the working viruses collection of the Research and Methodology Department of Virology and Bacteriology, FGBU "VNIICR". An analysis of the PPV prevalence in Russia is presented in some of the previous publications (Prikhodko et al., 2013, 2013a; 2016; Chirkov, Prikhodko, 2015). Numerous isolates of PPV-C, PPV-CR, PPV-CV, PPV-D, PPV-M, PPV-Rec and PPV-W were also identified by virologists of Lomonosov Moscow State University in various regions of the European part of the Russian Federation (Sheveleva et al., 2012, 2013; Chirkov et al., 2013, 2016, 2018, 2018a, 2022; Zakubansky et al., 2016).

The vast majority of identified PPV outbreaks have now been eliminated.

Prunus domestica in the European part of the Russian Federation is dominated by PPV-D and PPV-W. These strains are spread over a vast territory: from Novgorod Oblast in the north to the Republic of Dagestan and the Republic of Crimea in the south. PPV-M isolates were detected only in Krasnodar Krai and Stavropol Krai. A few PPV-Rec isolates were detected on this crop only in Stavropol Krai.

Prunus × rossica is dominated by PPV-D isolates; PPV-W are much less common.

Significant differences were stated in the symptomatology of the identified isolates, which depended

На сливе домашней (*Prunus domestica*) в Европейской части РФ доминируют штаммы D и W вируса шарки слив. Эти штаммы распространены на огромной территории: от Новгородской области на севере до Республики Дагестан и Республики Крым на юге. Изоляты штамма М были выявлены лишь в Краснодарском и Ставропольском краях. Немногочисленные изоляты штамма Рес выявлены на этой культуре лишь в Ставропольском крае.

На сливе русской (*Prunus × rossica*) преобладают изоляты штамма D; значительно реже встречаются изоляты штамма W.

Констатированы существенные различия в симптоматологии выявленных изолятов, которые зависели от их штаммовой принадлежности, устойчивости растений-хозяев и погодных условий вегетационного сезона.

В типичных случаях симптомы шарки на листьях косточковых культур появляются на первых весенних листьях после достижения ими нормальной величины.

При заражении растений сливы домашней изолятами штамма PPV-D характерно наличие симптомов в виде колец или кольцевой пятнистости различной интенсивности проявления, которая ближе к осени обычно видоизменяется в хлоротический рисунок. На некоторых сортах сливы, наряду с вышеописанными симптомами, развивается пожелтение жилок листьев. Такие симптомы типичны как для европейских (EPPO, 2024), так и для российских изолятов PPV этого штамма (Рис. 1–2).

Наиболее интенсивные и четко проявляющиеся симптомы кольчатости и кольцевой пятнистости обычно наблюдаются в период с конца мая до конца июня при условии устойчивых дневных температур не выше 25 °С. При более высоких дневных температурах эти симптомы достаточно быстро (в течение 7–10 дней) трансформируются в хлоротический рисунок неопределенной формы, сочетающийся с интенсивной хлоротизацией главных жилок листьев. Однако даже при условии высокой температуры воздуха в позднелетний-раннеосенний период симптомы заражения растений сливы домашней изолятами штамма PPV-D можно диагностировать вплоть до начала листопада.

На листьях зараженных растений сливы русской, или алычи русской (*Prunus × rossica*), изоляты штамма PPV-D преимущественно вызывают симптомы интенсивного пожелтения главных жилок листьев, иногда сочетающегося с симптомами межжилкового хлоротического рисунка (Рис. 3). В отличие от сливы домашней, на инфицированных

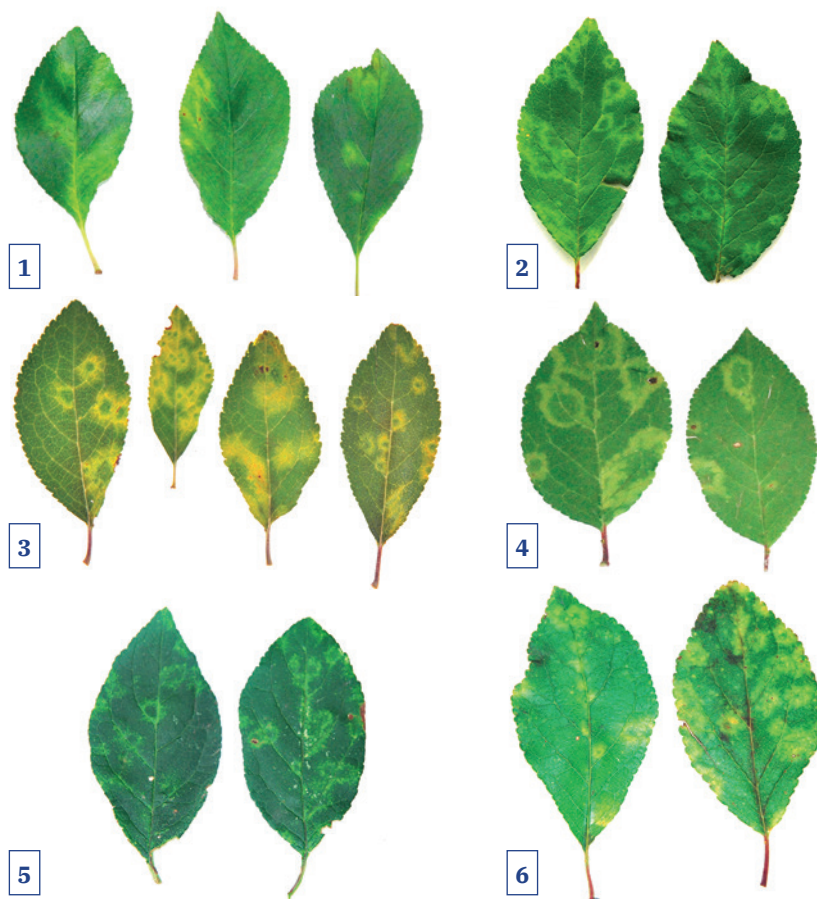


Рис. 1. Симптомы хлоротической кольчатости на листьях растений сливы домашней (*Prunus domestica*), зараженных российскими изолятами штамма PPV-D различного географического происхождения: 1 – Изолят LipZ-13, с. Евразия-21, Липецкая область, 2 – изолят RzG-1, Московская область, 3 – изолят VolV-103, Волгоградская область, 4 – м изолят S-1, с. Ренклюд Лия, Московская область), 5 – изолят STNC-3, Московская область, 6 – изолят RamD-1, Московская область (фото Ю.Н. Приходько)

Fig. 1. Chlorotic ring symptoms on the leaves of *Prunus domestica*, infected with Russian PPV-D isolates of various geographical origin: 1 – LipZ-13, c. Eurasia-21, Lipetsk Oblast, 2 – RzG-1, Moscow Oblast, 3 – VolV-103, Volgograd Oblast, 4 – S-1, Renklod Liya, Moscow Oblast, 5 – STNC-3, Moscow Oblast, 6 – RamD-1, Moscow Oblast (photos by Yu.N. Prikhodko)

on their strain affiliation, the resistance of host plants and the weather conditions of the growing season.

In typical cases, PPV symptoms on the leaves of stone fruit crops appear on the first spring leaves after they reach normal size.

When domestic plum plants are infected with PPV-D isolates, they are characterized by the symptoms in the form of rings or ring spots of varying intensity, which usually changes into a chlorotic pattern closer to autumn. In some plum varieties, along with the symptoms described above, yellowing of the leaf veins develops. Such symptoms are typical for both European (EPPO, 2024) and Russian PPV isolates (Fig. 1–2).

The most intense and clearly manifested symptoms of ringing and ring spotting are usually observed from late May to late June, subject to stable daytime temperatures not exceeding 25°C. At higher

вирусом растениях сливы русской интенсивность развития симптомов прогрессирует к концу вегетационного сезона.

На растениях сливы домашней, зараженных изолятами штамма PPV-W, симптомы кольцевой пятнистости наблюдаются очень редко, а преобладающий тип симптомов представляет собой хлоротический рисунок различной интенсивности проявления. Чаще всего эти симптомы выражены слабо и заметны лишь при просмотре листьев в проходящем свете. Однако на листьях некоторых сортов развивается достаточно интенсивный хлоротический рисунок (Рис. 5). Начиная с середины лета, и особенно в условиях жаркой погоды, симптомы изолятов штамма PPV-W существенно ослабевают и как бы размываются, утрачивая диагностическое значение. Такие симптомы легко спутать с воздействием различных неблагоприятных абиотических факторов. Листья, распускающиеся в условиях жаркой погоды, обычно не имеют симптомов и заражены вирусом в латентной форме. Наиболее сложно диагностировать штамм PPV-W на корнесобственных сортах сливы отечественной народной селекции, широко распространенных на дачных и приусадебных участках. На листьях таких сортов могут развиваться лишь слабые хлорозы, которые легко спутать с симптомами дефицита азота и известкового хлороза.

Симптоматология штамма PPV-W на сливе русской (Рис. 5) практически идентична симптоматологии этого штамма на сливе домашней. Начиная с середины вегетационного периода, хлоротический рисунок видоизменяется в диффузный хлороз, неотличимый от симптомов дефицита минерального питания.

При заражении сливы домашней штаммом PPV-M наиболее часто развивается отчетливое пожелтение главных жилок листьев, иногда сочетающееся с кольцевой пятнистостью, приуроченной чаще всего к верхушкам листьев (Рис. 6). По интенсивности проявления эти симптомы обычно занимают промежуточное положение между симптоматологией изолятов штаммов PPV-D и PPV-W.

На листьях растений алычи, или сливы растопыренной (*Prunus cerasifera*), в результате заражения PPV-D развивается хлоротический рисунок, приуроченный к главным жилкам и хорошо различимый лишь в проходящем свете (Рис. 7). Такие симптомы чаще всего развиваются на корневой поросли подвоев алычи, на которые были привиты инфицированные вирусом привои сливы домашней. В то же время на непривитых дикорастущих растениях алычи семенного происхождения

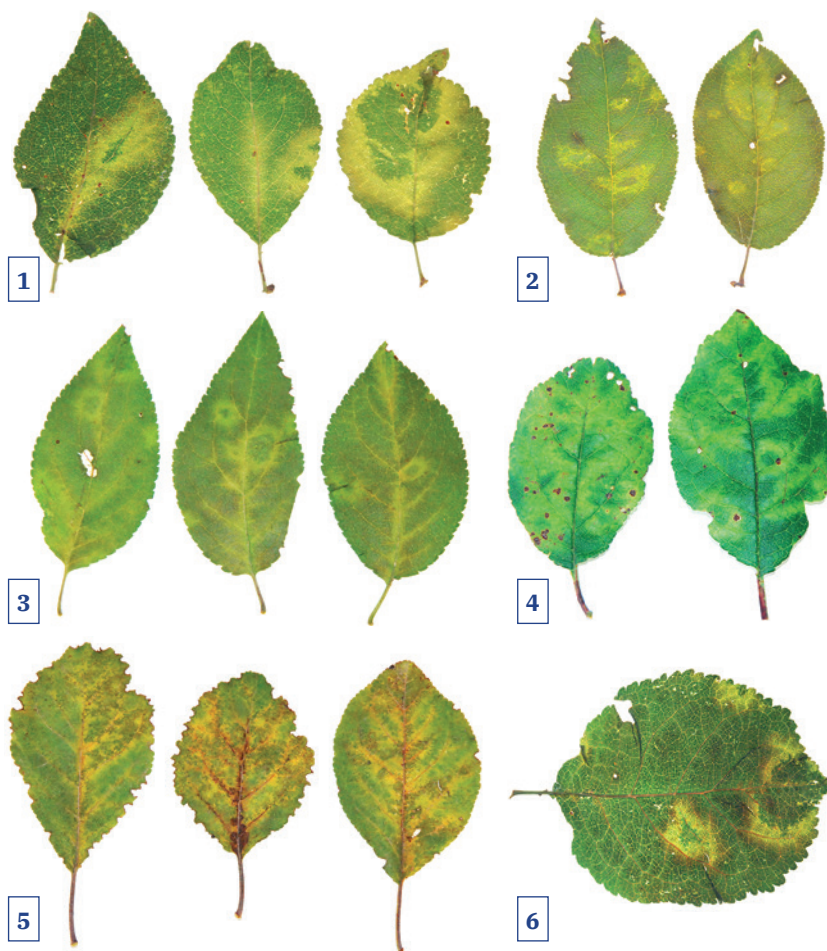


Рис. 2. Симптомы хлоротической кольцевой пятнистости на листьях растений сливы домашней (*Prunus domestica*), зараженных российскими изолятами штамма PPV-D различного географического происхождения: 1 – изолят RZT-3, Московская область, 2 – изолят Z-12, Московская область, 3 – изолят LipK-205, Липецкая область), 4 – изолят STN-42, Московская область, 5 – изолят D-008, Республика Дагестан, 6 – изолят RZT-2, Московская область) (фото Ю.Н.Приходько)

Fig. 2. Chlorotic ring-spot symptoms on the leaves of *Prunus domestica*, infected with Russian PPV-D isolates of various geographical origin: 1 – RZT-3, Moscow Oblast, 2 – Z-12, Moscow Oblast, 3 – LipK-205, Lipetsk Oblast), 4 – STN-42, Moscow Oblast, 5 – D-008, Republic of Dagestan, 6 – RZT-2, Moscow Oblast) (photos by Yu.N. Prikhodko)

daytime temperatures, these symptoms quickly (within 7–10 days) transform into a chlorotic pattern of uncertain shape, combined with intense chlorotization of the main leaf veins. However, even with high air temperatures in late summer-early autumn, symptoms of infection of domestic plum plants with PPV-D isolates can be diagnosed until the beginning of leaf fall.

On infected *Prunus × rossica* leaves, PPV-D isolates primarily cause symptoms of intense yellowing of the main leaf veins, sometimes along with interveinal chlorosis (Fig. 3). Unlike *Prunus domestica*, on virus-infected *Prunus × rossica* plants, the intensity of symptom development progresses towards the end of the growing season.

On *Prunus domestica* infected with PPV-W isolates, chlorotic ring-spot symptoms are very rare, while the most common symptom is chlorotic pattern of



Рис. 3. Симптомы российских изолятов штамма PPV-D, выявленных в Республике Крым, на листьях сливы русской (*Prunus × rossica*): 1 – изолят Crimea-14, 2 – изолят Crimea-27, 3 – изолят Crimea-28 (фото Ю.Н.Приходько)

Fig. 3. Symptoms of the Russian PPV-D isolates detected in the Republic of Crimea, on *Prunus × rossica* leaves: 1 – Crimea-14, 2 – Crimea-27, 3 – Crimea-28 (photos by Yu.N. Prikhodko)

в условиях РФ вирус шарки слив встречается очень редко (Чирков, Приходько, 2015).

На абрикосе обыкновенном (*Prunus armeniaca*) в РФ преимущественно распространен штамм PPV-D. Вскоре после распускания на листьях инфицированных растений абрикоса появляются светло-зеленые пятна и кольца, которые лучше различимы в проходящем свете. В последующем на этих листьях развивается хлоротический рисунок, приуроченный к жилкам первого и второго порядка. При сильном заражении эти симптомы сочетаются с морщинистостью и деформацией листьев (Рис. 8).

different intensity. Most often, these symptoms are weak and can be seen only when inspecting leaves in transmitted light. However, a fairly intense chlorotic pattern develops on the leaves of some varieties (Fig. 5). Starting from mid-summer, and especially in hot weather conditions, the symptoms of PPV-W isolates significantly weaken and seem to blur, thereby losing their diagnostic value. Such symptoms are easily confused with the effects of various unfavorable abiotic factors. Leaves that sprout in hot weather usually have no symptoms and are latently infected with the virus. It is most difficult to diagnose PPV-W on native-rooted plum varieties of domestic selection, which are widespread in summer cottages and household plots. Only mild chlorosis can develop on the leaves of such varieties, which can easily be confused with symptoms of nitrogen deficiency and calcareous chlorosis.

The symptomatology of PPV-W on *Prunus × rossica* (Fig. 5) is almost identical to the symptomatology of this strain on *Prunus domestica*. Starting from the middle of the growing season, the chlorotic pattern changes into diffuse chlorosis, indistinguishable from symptoms of mineral nutrition deficiency.

When *Prunus domestica* is infected with PPV-M, a distinct yellowing of the main leaf veins most often develops, sometimes combined with ring spots, most often confined to the leaf apex (Fig. 6). In terms of manifestation intensity, these symptoms usually occupy an intermediate position between the symptomatology of PPV-D and PPV-W isolates.



Изолят RD-1, слива домашняя (Московская область)

Изолят RamCh-2, слива домашняя (Московская область)

Изолят Crimea-22, слива домашняя (Республика Крым)

Изолят STNA-7, слива домашняя (Московская область)

Рис. 4. Симптомы российских изолятов штамма PPV-W на листьях сливы домашней (*Prunus domestica*): 1 – изолят RD-1, Московская область, 2 – изолят RamCh-2, Московская область, 3 – изолят Crimea-22, Республика Крым, 4 – изолят STNA-7, Московская область) (фото Ю.Н.Приходько)

Fig. 4. Symptoms of Russian PPV-W isolates on the leaves of *Prunus domestica*: 1 – RD-1, Moscow Oblast, 2 – RamCh-2, Moscow Oblast, 3 – Crimea-22, Republic of Crimea, 4 – STNA-7, Moscow Oblast) (photos by Yu.N. Prikhodko)



Рис. 5. Симптомы изолят Crimea-12 штамма PPV-W на листьях сливы русской (фото Ю.Н. Приходько)

Fig. 5. Symptoms of the PPV-W isolate Crimea-12 on *Prunus × rossica* leaves (photo by Yu.N. Prikhodko)



Рис. 6. Симптомы российских штаммов PPV-M, распространенных в Ставропольском крае, на листьях сливы домашней (*Prunus domestica*): 1 – изолят StG-27, сорт Стенли, 2 – изолят StM-7, сорт Кабардинская ранняя (фото Ю.А. Шнейдера)



Fig. 6. Symptoms of Russian PPV-M isolates spread in Stavropol Krai on *Prunus domestica* leaves: 1 – StG-27, Stanley variety, 2 – StM-7, Kabardinskaya early variety (photo by Yu.An.Shneyder)

Интенсивность развития симптомов достигает максимума в июле, а затем постепенно снижается вплоть до полной маскировки к концу вегетации. На листьях, распутившихся в поздневесенний и летний период, симптомы чаще всего отсутствуют, поэтому зараженные листья необходимо выявлять у основания побегов. В условиях жаркой погоды симптомы могут полностью маскироваться.

На листьях растений вишни войлочной (*Prunus tomentosa*) в РФ распространены штаммы D и W вируса шарки слив. При заражении штаммом PPV-D развиваются типичные для шарки симптомы: светло-зеленые или светло-хлоротические пятна, кольца или полосы на листьях, очень часто приуроченные к жилкам первого порядка (Рис. 9, 1–2)

На растениях вишни войлочной, зараженной штаммом PPV-W, в ранневесенний период развиваются интенсивные симптомы хлоротического рисунка и пожелтения жилок, часто сочетающиеся с деформацией формы листьев. (Рис. 9). Однако при наступлении периода жаркой погоды сильно поврежденные листья обычно опадают, а на вновь отрастающих листьях развиваются лишь слабовыраженные симптомы окаймления жилок (Рис. 9, 3)

Как уже отмечалось, характерной особенностью популяции вируса шарки слив в Российской Федерации является широкое распространение штаммов С, CR и CV, заражающих вишню обыкновенную (*Prunus cerasus*). О немногочисленных случаях выявления штамма С сообщалось в нескольких восточноевропейских странах, тогда как штаммы CR и CV распространены исключительно в РФ (Chirkov et al., 2022).

При заражении штаммом PPV-C на листьях зараженных растений вишни и их корневой поросли наблюдаются симптомы кольцевой пятнистости, нерегулярного рисунка светло-зеленой окраски, пятен и крапчатости неправильной формы от светло-зеленого

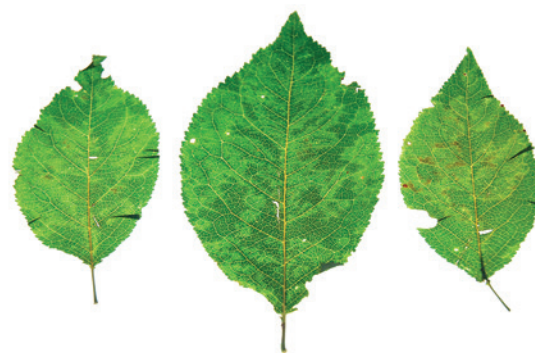


Рис. 7. Симптомы PPV-D (изолят Z-3, Московская область) на листьях алычи (*Prunus cerasifera*) (фото Ю.Н.Приходько)

Fig. 7. Symptoms of PPV-D (Z-3, Moscow Oblast) on *Prunus cerasifera* leaves (photos by Yu.N. Prikhodko)

On *Prunus cerasifera* leaves, the infection with PPV-D causes chlorotic patterns along with main veins, which is easily distinguished only with transmitted light (Fig. 7). Such symptoms most often develop on the *Prunus cerasifera* root shoots of rootstocks onto which virus-infected *Prunus domestica* were grafted. At the same time, on ungrafted wild *Prunus cerasifera* plants of seed origin in the Russian Federation, PPV is very rare (Chirkov, Prikhodko, 2015).

On *Prunus armeniaca* in Russia, the most common is PPV-D. Soon after sprouting, light green spots and rings appear on the leaves of infected apricot plants, which are better visible in transmitted light. Subsequently, a chlorotic pattern develops on these leaves, confined to the veins of the first and second order. With severe infection, these symptoms are combined with leaf wrinkling and deformation (Fig. 8). The intensity of the symptoms reaches a maximum in July, and then gradually decreases until complete camouflage by the end of the growing season. On leaves that sprout in late spring and summer, symptoms are most often absent, so infected leaves must be identified at the base of the shoots. In hot weather, symptoms may be completely invisible.

On *Prunus tomentosa* in Russia, the most common are PPV-D and PPV-W. When infected with PPV-D, there are typical PPV symptoms: light green or light chlorotic spots, rings or stripes on leaves, very often confined to the first order veins (Fig. 9, 1–2)

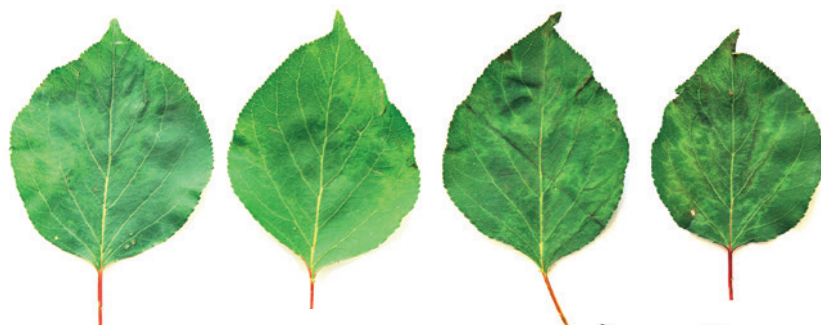


Рис. 8. Симптомы PPV-D (изолят Crimea-53, Республика Крым) на листьях абрикоса обыкновенного (*Prunus armeniaca*) (фото Ю.Н.Приходько)

Fig. 8. Symptoms of PPV-D (Crimea-53, Republic of Crimea) on *Prunus armeniaca* leaves (photos by Yu.N. Prikhodko)

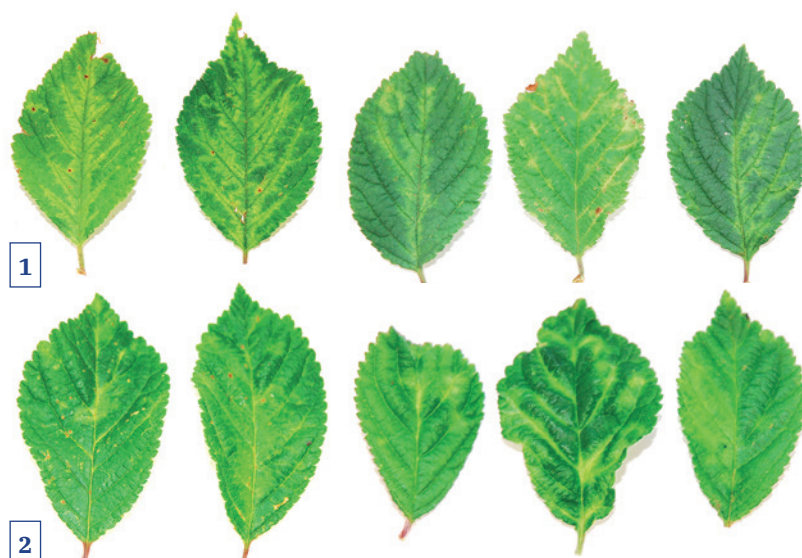


Рис. 9. Симптомы изолятов штамма PPV-D и PPV-W, распространенных в Московской области, на листьях вишни войлочной (*Prunus tomentosa*): 1 – изолят RD-2 штамма PPV-D, 2 – изолят RD-4 штамма PPV-W (фото Ю.Н.Приходько)

Fig. 9. Symptoms of PPV-D and PPV-W, spread in Moscow Oblast, on *Prunus tomentosa* leaves: 1 – RD-2 of PPV-D, 2 – RD-4 of PPV-W (photos by Yu.N. Prikhodko)

до кремово-желтого цвета. Некоторые из этих пятен затем некротизируются (Рис. 10). Эти симптомы лучше выражены на листьях корневой поросли, но в целом они хорошо различимы лишь при просмотривании в проходящем свете.

Растения вишни, зараженные изолятами штамма PPV-CR, имеют иной тип симптомов. Преобладающим типом симптомов является пожелтение главных жилок и хлоротический рисунок, что приводит к деформации пластинок листьев.

On PPV-W infected *Prunus tomentosa*, in the early spring, intense symptoms of chlorotic pattern and yellowing of the veins develop, often combined with leaf deformation (Fig. 9). However, with hot weather, severely damaged leaves usually fall off, and only subtle symptoms of vein banding develop on newly growing leaves (Fig. 9, 3)

As already noted, a characteristic feature of the PPV population in the Russian Federation is the widespread distribution of the strains PPV-C, PPV-CR and PPV-CV, infecting *Prunus cerasus*. Rare PPV-C infections have been reported from several Eastern European countries, while PPV-CR and PPV-CV are present only in the Russian Federation (Chirkov et al., 2022).

When infected with the PPV-C strain, the leaves of infected cherry plants and their root shoots exhibit symptoms of ring spots, an irregular pattern of light green color, spots and irregular mottling from light green to creamy yellow. Some of these spots then become necrotic (Fig. 10). These symptoms are better expressed on the leaves of the root shoots, but in general they are clearly visible only when viewed in transmitted light.

Cherry plants infected with PPV-CR isolates have a different type of symptoms. The predominant type of symptoms is yellowing of the main veins and a chlorotic pattern, which leads to deformation of the leaf blades. Ring spot symptoms are less common. Towards the end of summer, you can notice that areas of

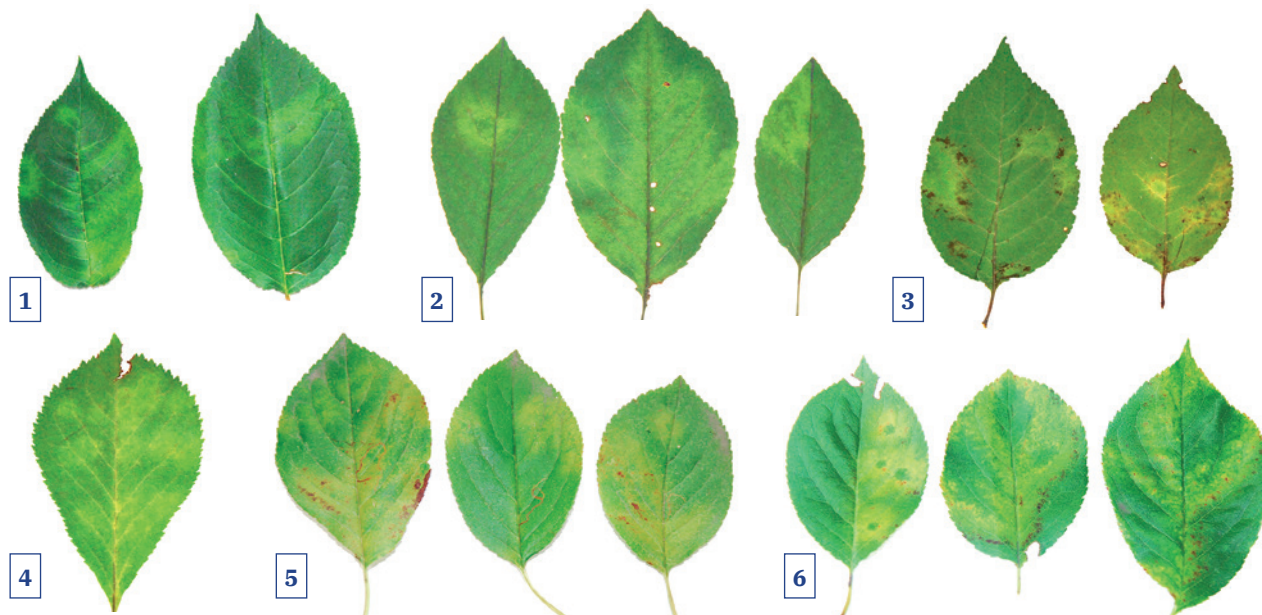


Рис. 10. Симптомы российских изолятов штамма PPV-C различного географического происхождения на листьях вишни обыкновенной (*Prunus cerasus*): 1 – изолят VolK-143, г. Волгоград, 2 – изолят IIM-1, Московская область, 3 – изолят SamSad-14, Самарская область, 4 – изолят SarH-10, Саратовская область, 5 – изолят STNA-1, Московская область, 6 – изолят STNA-2, Московская область (фото Ю.Н.Приходько)

Fig. 10. Symptoms of Russian PPV-C isolates of different geographical origin on *Prunus cerasus*: 1 – VolK-143, Volgograd, 2 – IIM-1, Moscow Oblast, 3 – SamSad-14, Samara Oblast, 4 – SarH-10, Saratov Oblast, 5 – STNA-1, Moscow Oblast, 6 – STNA-2, Moscow Oblast (photos by Yu.N. Prikhodko)

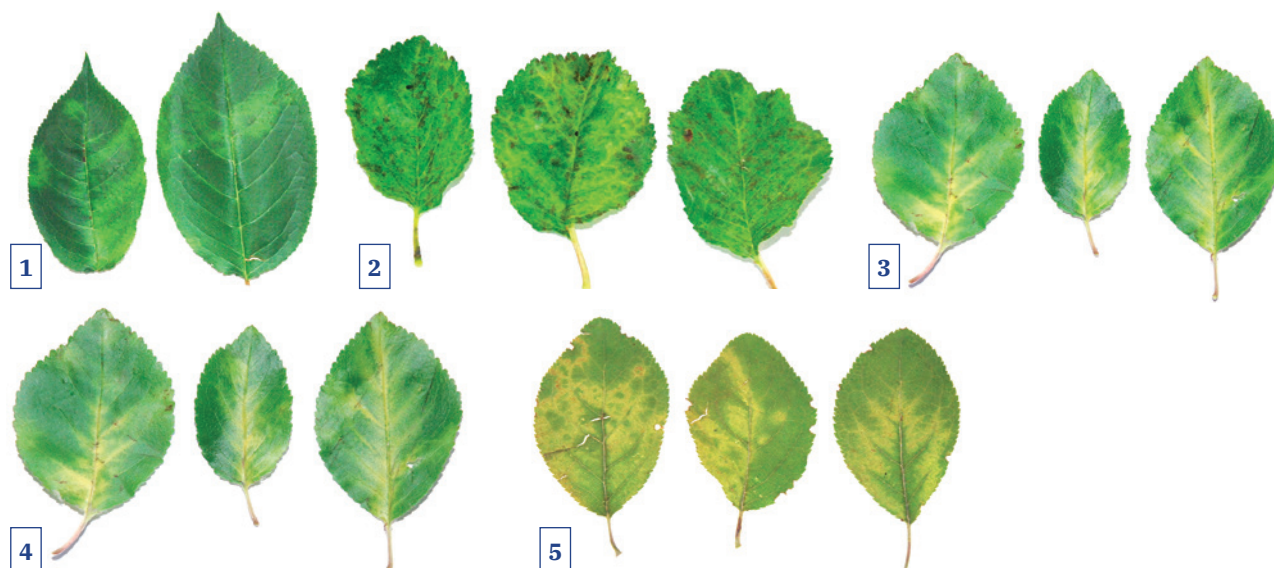


Рис. 11. Симптомы российских изолятов штамма PPV-CR различного географического происхождения на листьях вишни обыкновенной (*Prunus cerasus*): 1 – изолят SamSG-27, Самарская область, 2 – изолят SamSG-29, Самарская область, 3 – изолят SarG, Саратовская область, 4 – изолят SamSad-1, Самарская область, 5 – изолят SarH-1/12, Саратовская область (фото Ю.Н. Приходько)

Рис. 11. Symptoms of Russian PPV-CR isolates of different geographical origin on *Prunus cerasus*: 1 – SamSG-27, Samara Oblast, 2 – SamSG-29, Samara Oblast, 3 – SarG, Saratov Oblast, 4 – SamSad-1, Samara Oblast, 5 – SarH-1/12, Saratov Oblast (photos by Yu.N. Prikhodko)

Симптомы кольцевой пятнистости встречаются реже. К концу лета можно заметить, что участки листьев с интенсивными симптомами больше подвержены некрозу (Рис. 11). При этом на листьях в нижней части однолетних побегов преимущественно наблюдаются отчетливые симптомы пожелтения главных жилок, на листьях в средней части побегов – приуроченный к жилкам хлоротический или светло-зеленый рисунок и кольцевая пятнистость, а на верхушечных листьях – слабо-выраженная пятнистость в сочетании с деформацией пластинок. Часто листья с верхушек побегов не имеют симптомов. Все эти симптомы обычно более отчетливы на листьях корневой поросли, чем на взрослых деревьях.

При заражении штаммом PPV-CV на листьях растений вишни развивается хлоротическая пятнистость (Рис. 12), которая напоминает симптоматику некоторых изолятов PPV-C (Chirkov et al., 2018).

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Вирус шарки слив вызывает на листьях и плодах косточковых культур различные типы симптомов, некоторые из которых являются достаточно видоспецифичными и могут иметь важное диагностическое значение при проведении обследований. Знание симптоматики этого вируса позволяет осуществлять его раннее выявление на восприимчивых косточковых культурах и значительно сокращать количество образцов, отбираемых для проведения лабораторных исследований. Однако при этом необходимо учитывать, что тип и интенсивность развития симптомов могут существенно варьироваться в зависимости от штаммовой принадлежности изолятов вируса, устойчивости растений-хозяев и текущих погодных условий. Определяющее значение имеет проведение обследований в оптимальные сроки, которые приходятся на поздневесенний и раннелетний период.

leaves with intense symptoms are more susceptible to necrosis (Fig. 11). At the same time, on the leaves in the lower part of annual shoots, clear symptoms of yellowing of the main veins are predominantly observed, on the leaves in the middle part of the shoots - a chlorotic or light green pattern confined to the veins and ring spots, and on the apical leaves - mild spotting in combination with blade deformation. Often leaves from the shoot tips do not show symptoms. All these symptoms are usually more pronounced on the leaves of the root shoots than on mature trees.

When infected with PPV-CV, chlorotic spotting develops on the leaves of cherry plants (Fig. 12), which resembles the symptoms of some PPV-C isolates (Chirkov et al., 2018).

CONCLUSION

PPV causes various types of symptoms on stone fruit leaves and fruits, some of which are quite species-specific and may have important diagnostic value during inspections. Understanding the symptoms of this virus allows for its early detection on susceptible stone fruit crops and significantly reduces the number of samples taken for laboratory testing. However, it must be taken into account that the type and intensity of the symptoms can vary significantly depending on the virus isolate strain, the resistance of host plants and current weather conditions. Conducting surveys at optimal times, which occur in late spring and early summer, is of paramount importance.

REFERENCES

1. Zakubanskiy A., Sheveleva A., Chirkov S. Molecular and biological characterization of novel isolates of plum pox virus strain Winona. Vestnik Moskovskogo

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Закубанский А.В., Шевелева А.А., Чирков С.Н. Молекулярно-биологические свойства новых изолятов вируса оспы сливы штамма Winona // Вестник Московского университета. Серия. 16. Биология. 2016. № 2. С. 8–12.
2. Приходько Ю.Н., Живаева Т.С., Шнейдер Ю.А. Скрининговые методы выявления комплекса штаммов вируса шарки слив (PPV) // Садоводство и виноградарство. 2019. №1. С. 36–42.
3. Приходько Ю.Н., Живаева Т.С., Шнейдер Ю.А., Мазурин Е.С. Выявление нового штамма вируса шарки сливы на вишне в Поволжском регионе // Плодоводство и ягодоводство России (сборник науч. трудов ВСТИСП. М. 2012. Т. XXIX, часть 2. С. 108–114.
4. Приходько Ю.Н., Живаева Т.С., Шнейдер Ю.А., Мазурин Е.С., Соколова Е.Е. Выявление штамма Winona вируса шарки слив (PPV) на косточковых культурах в Российской Федерации // Плодоводство и ягодоводство России (сборник науч. трудов ВСТИСП. М. 2012а. Т. XXX. С. 382–388.
5. Приходько Ю.Н., Живаева Т.С., Шнейдер Ю.А., Морозова О.Н. Шарка на вишне в Российской Федерации: распространенность, диагностика, штаммы вируса // Биоресурсы и вирусы: Материалы VII международной конференции 10–13 сентября 2013 г. Киев. 83 с.
6. Приходько Ю.Н., Живаева Т.С., Шнейдер Ю.А., Морозова О.Н., Мазурин Е.С. Выявление в Российской Федерации нового штамма вируса шарки слив Cherry Russian (PPV-CR) // Карантин растений. 2013. № 2. С. 18–33.
7. Приходько Ю.Н., Мазурин Е.С., Живаева Т.С., Шнейдер Ю.А., Соколова Е.Е. Изучение штаммов вируса шарки сливы. Защита и карантин растений. 2011. № 11. С. 29–32.
8. Чирков С.Н., Приходько Ю.Н. Генетическое разнообразие и структура популяции вируса оспы (шарки) сливы в России // Сельскохозяйственная Биология. 2015. Т. 50. № 5. С. 529–539.
9. Cambra M., Boscia D., Myrta A., Llacer G. Plum pox virus and estimated cost associated with Sharka disease // EPPO Bull. 2006. Vol. 36. P. 202–204.
10. Candresse T., Macquaire G., Lanneau M., Bou-salem M., Quiot-Douine L., Quiot J.B., Dunez J. Analysis of plum pox virus variability and development of strain-specific PCR assays // Acta Horticulturae. 1995. № 386. – P. 357–369.
11. Chirkov S., Ivanov P., Sheveleva A. Detection and partial molecular characterization of atypical plum pox virus isolates from naturally infected sour cherry // Arch. Virol. 2013. Vol. 158. P. 1383–1387.
12. Chirkov S., Ivanov P., Sheveleva A., Kudryavtseva A., Mitrofanova I. Molecular characterization of Plum pox virus Rec isolates from Russia suggests a new insight into evolution of the strain // Virus Genes. 2018a. Vol. 54 (2). P. 328–332.
13. Chirkov S., Ivanov P., Sheveleva A., Kudryavtseva A., Prikhodko Y., Mitrofanova I. Occurrence and characterization of plum pox virus strain D isolates from European Russia and Crimea // Archives of Virology. 2016. Vol. 161. P. 425–430.
14. Chirkov S., Sheveleva A., Gasanova T., Kwon D., Sharko F., Osipov G. New cherry-adapted Plum pox virus phylogroups discovered in Russia // Plant Disease. 2022. Vol. 106. P. 2591–2600.

- universiteta. Seriya 16. Biologiya. 2016; 2:8-12. (In Russ.)
2. Prikhodko Y., Zhivaeva T., Shneyder Y. Screening methods to identify the complex of strains of Plum pox virus (PPV). Horticulture and viticulture. 2019; 1:36-42. (In Russ.)
3. Prikhodko Y., Mazurin E., Zhivaeva T., Shneyder Y. Finding of a new PPV strain in sour cherry in the Volga region // Russia's Horticulture / All-Russia Selection and Technology Institute of Horticulture and Nursery, Collection of research papers. – 2012a. T. XXIX, part 2. P. 108-114. (In Russ.)
4. Prikhodko Y., Mazurin E., Zhivaeva T., Shneyder Y., Sokolova E. Detection of PPV Winona strain in stone fruit crops in the Russian Federation // Russia's Horticulture / All-Russia Selection and Technology Institute of Horticulture and Nursery, Collection of research papers. T. XXX. 2012b. P. 382-388. (In Russ.)
5. Prikhodko Y., Zhivaeva T., Shneyder Y., Morozova O. Sharka on cherries in the Russian Federation: prevalence, diagnosis, virus strains // Bioresources and viruses: Proceedings of the VII international conference September 10–13, 2013 Kyiv. 83 s.
6. Prikhodko Y., Zhivaeva T., Shneyder Y., Morozova O., Mazurin E. A New Plum Pox Virus (PPV) Strain – Cherry Russian (PPV-CR) // Plant Protection and Quarantine. 2013; 2: 18–33.
7. Prikhodko Y., Mazurin E., Zhivaeva T., Shneyder Y., Sokolova E. Study of Plum Pox Virus strains // Plant Protection and Quarantine, 2011; 11:29-32.
8. Chirkov S., Prikhodko Y. Genetic diversity and population structure of plum pox virus in Russia // Agricultural Biology. 2015; 50-5: 529–539. (In Russ.)
9. Cambra M., Boscia D., Myrta A., Llacer G. Plum pox virus and estimated cost associated with Sharka disease // EPPO Bull. 2006. Vol. 36. P. 202–204.
10. Candresse T., Macquaire G., Lanneau M., Bou-salem M., Quiot-Douine L., Quiot J.B., Dunez J. Analysis of plum pox virus variability and development of strain-specific PCR assays // Acta Horticulturae. 1995. № 386. – P. 357–369.
11. Chirkov S., Ivanov P., Sheveleva A. Detection and partial molecular characterization of atypical plum pox virus isolates from naturally infected sour cherry // Arch. Virol. 2013. Vol. 158. P. 1383–1387.
12. Chirkov S., Ivanov P., Sheveleva A., Kudryavtseva A., Mitrofanova I. Molecular characterization of Plum pox virus Rec isolates from Russia suggests a new insight into evolution of the strain // Virus Genes. 2018a. Vol. 54 (2). P. 328–332.
13. Chirkov S., Ivanov P., Sheveleva A., Kudryavtseva A., Prikhodko Y., Mitrofanova I. Occurrence and characterization of plum pox virus strain D isolates from European Russia and Crimea // Archives of Virology. 2016. Vol. 161. P. 425–430.
14. Chirkov S., Sheveleva A., Gasanova T., Kwon D., Sharko F., Osipov G. New cherry-adapted Plum pox virus phylogroups discovered in Russia // Plant Disease. 2022. Vol. 106. P. 2591–2600.
15. Chirkov S., Sheveleva A., Ivanov P., Zakubanskiy A. Analysis of genetic diversity of Russian sour

15. Chirkov S., Sheveleva A., Ivanov P., Zakubanskiy A. Analysis of genetic diversity of Russian sour cherry Plum pox virus isolates provides evidence of a new strain // *Plant Disease*. 2018. Vol. 102. P. 569–575.
16. Clemente – Moreno M.J., Hernandez J.A., Diaz – Vivancos P. Sharka: how do plants respond to Plum pox virus infection? // *J. Exp. Bot.* 2015. Vol. 66. P. 25–35.
17. Glasa M., Candresse T. Partial sequence analysis of an atypical Turkish isolate provides further information on the evolutionary history of Plum pox virus (PPV) // *Virus Research*. 2005. Vol. 108. P. 199–206.
18. Glasa M., Candresse T. Plum pox virus (Potyviridae) // *Reference Module in Life Sciences*. – 2020. – doi: 10.1016/B978-0-12-809633-B.21242-9.
19. Glasa M., Malinowski T., Predajňa L., Pupola N., Dekena D., Michalczyk L., Candresse T. Sequence variability, recombination analysis, and specific detection of the W strain of Plum pox virus // *Phytopathology*. 2011. Vol. 101. P. 980–985.
20. Glasa M., Palkovics L., Komínek P., Labonne G., Pittnerova S., Kudela O., Candresse T., Šubr Z. Geographically and temporally distant recombinant isolates of Plum pox virus (PPV) are genetically very similar and form a unique PPV subgroup // *Journal of General Virology*. 2004. Vol. 85. P. 2671–2681.
21. Glasa M., Prichodko Y., Zhivaeva T., Shneider Y., Predajňa L., Šubr Z., Candresse T. Complete and partial genome sequences of the unusual Plum pox virus (PPV) isolates from sour cherry in Russia suggest their classification to a new PPV strain // *Proceedings of the 22nd International Conference on Virus and Other Transmissible Diseases of Fruit Crops (ICVF)*. Rome, June 3–8, 2012. 235 p.
22. Glasa M., Prikhodko Y., Predajňa L., Nagyová A., Shneyder Y., Zhivaeva T., Šubr Z., Cambra M., Candresse T. Characterization of sour cherry isolates of Plum pox virus from the Volga Basin in Russia reveals a new cherry strain of the virus // *Phytopathology*. – 2013. Vol. 103, №9. – P. 972–979.
23. Glasa M., Shneyder Y., Predajna L., Zhivaeva T., Prikhodko Y. Characterization of Russian Plum pox virus isolates provides further evidence of a low molecular heterogeneity within the PPV-C strain // *Journal of Plant Pathology*. 2014. Vol. 96, №3. P. 597–601.
24. Hajizadeh M., Gibbs A.J., Amirnia F., Glasa M. The global phylogeny of Plum pox virus is emerging // *Journal of General Virology*. 2019. Vol. 100. P. 1457–1468.
25. James D., Varga A. Nucleotide sequence analysis of Plum pox virus isolate W3174: Evidence of a new strain // *Virus Research*. 2004. Vol. 110. P. 143–150.
26. James D., Varga A., Sanderson D. Genetic diversity of Plum pox virus: strains, disease and related challenges for control // *Canadian J. Plant Pathol.* 2013. Vol. 35. P. 431–441.
27. Levy L., Hadidi A. A. Simple and rapid method for processing tissue infected with Plum pox potyvirus for use with specific 3'-non-coding region RT-PCR assays // *EPPO Bull.* 1994. Vol. 24. P. 595–604.
28. Nemchinov L., Hadidi A. Specific oligonucleotide primers for the direct detection of plum pox potyvirus – cherry subgroup // *J. Virol. Methods*. 1998. Vol. 70. P. 231–234.
- cherry Plum pox virus isolates provides evidence of a new strain // *Plant Disease*. 2018. Vol. 102. P. 569–575.
16. Clemente – Moreno M.J., Hernandez J.A., Diaz – Vivancos P. Sharka: how do plants respond to Plum pox virus infection? // *J. Exp. Bot.* 2015. Vol. 66. P. 25–35.
17. Glasa M., Candresse T. Partial sequence analysis of an atypical Turkish isolate provides further information on the evolutionary history of Plum pox virus (PPV) // *Virus Research*. 2005. Vol. 108. P. 199–206.
18. Glasa M., Candresse T. Plum pox virus (Potyviridae) // *Reference Module in Life Sciences*. – 2020. – doi: 10.1016/B978-0-12-809633-B.21242-9.
19. Glasa M., Malinowski T., Predajňa L., Pupola N., Dekena D., Michalczyk L., Candresse T. Sequence variability, recombination analysis, and specific detection of the W strain of Plum pox virus // *Phytopathology*. 2011. Vol. 101. P. 980–985.
20. Glasa M., Palkovics L., Komínek P., Labonne G., Pittnerova S., Kudela O., Candresse T., Šubr Z. Geographically and temporally distant natural recombinant isolates of Plum pox virus (PPV) are genetically very similar and form a unique PPV subgroup // *Journal of General Virology*. 2004. Vol. 85. P. 2671–2681.
21. Glasa M., Prichodko Y., Zhivaeva T., Shneider Y., Predajňa L., Šubr Z., Candresse T. Complete and partial genome sequences of the unusual Plum pox virus (PPV) isolates from sour cherry in Russia suggest their classification to a new PPV strain // *Proceedings of the 22nd International Conference on Virus and Other Transmissible Diseases of Fruit Crops (ICVF)*. Rome, June 3–8, 2012. 235 p.
22. Glasa M., Prikhodko Y., Predajňa L., Nagyová A., Shneyder Y., Zhivaeva T., Šubr Z., Cambra M., Candresse T. Characterization of sour cherry isolates of Plum pox virus from the Volga Basin in Russia reveals a new cherry strain of the virus // *Phytopathology*. – 2013. Vol. 103, №9. – P. 972–979.
23. Glasa M., Shneyder Y., Predajna L., Zhivaeva T., Prikhodko Y. Characterization of Russian Plum pox virus isolates provides further evidence of a low molecular heterogeneity within the PPV-C strain // *Journal of Plant Pathology*. 2014. Vol. 96, №3. P. 597–601.
24. Hajizadeh M., Gibbs A.J., Amirnia F., Glasa M. The global phylogeny of Plum pox virus is emerging // *Journal of General Virology*. 2019. Vol. 100. P. 1457–1468.
25. James D., Varga A. Nucleotide sequence analysis of Plum pox virus isolate W3174: Evidence of a new strain // *Virus Research*. 2004. Vol. 110. P. 143–150.
26. James D., Varga A., Sanderson D. Genetic diversity of Plum pox virus: strains, disease and related challenges for control // *Canadian J. Plant Pathol.* 2013. Vol. 35. P. 431–441.
27. Levy L., Hadidi A. A. Simple and rapid method for processing tissue infected with Plum pox potyvirus for use with specific 3'-non-coding region RT-PCR assays // *EPPO Bull.* 1994. Vol. 24. P. 595–604.
28. Nemchinov L., Hadidi A. Specific oligonucleotide primers for the direct detection of plum pox potyvirus – cherry subgroup // *J. Virol. Methods*. 1998. Vol. 70. P. 231–234.

29. Prikhodko Y., Shneider Y., Zhivaeva T., Morozova O. Distribution and some biological and molecular characterization of a new PPV-CR strain//2nd Int. Symp. on Plum pox virus. – Olomouc, September 3–6, 2013a. P. 25.

30. Prikhodko Y., Shneider Y., Zhivaeva T., Morozova O. PPV in Russia: Distribution and strains // Proceedings of the 2nd Int. Symp. on Plum pox virus. September 3–6, 2013, Olomouc, P. 26.

31. Prikhodko Y., Shneyder Y., Zhivaeva T., Morozova O. The PPV-W strain in Russia: distribution and identification// Book of Abstracts 3rd International Symposium on Plum pox virus. May 9–13, 2016, Antalya, Turkey, P. 45.

32. Sheveleva A., Ivanov P., Prihodko Y., James D., Chirkov S. Occurrence and genetic diversity of Wino-na-like Plum pox virus isolates in Russia // Plant Disease. 2012. Vol. 96 (8). P. 1135–1142.

33. Sheveleva A., Kudryavtseva A., Speranskaya A., Belenikin M., Melnikova N., Chirkov S. Complete genome sequence of a novel Plum pox virus strain W isolate determined by 454 pyrosequencing // Virus Genes. 2013. Vol. 47. P. 385–388.

34. Shneyder Y., Thihomirova M., Morozova O., Zhivaeva T., Prikhodko Y. The first detection of Plum pox virus in Western Siberia // Proceedings of the 24th International Conference on Virus and Other Graft Transmissible Diseases of Fruit Crops, Thessaloniki, Greece, 2017, P. 120.

35. Subr Z., Pittnerova S., Glasa M. A simplified RT-PCR-based detection of recombinant Plum pox virus isolates // Acta Virologica. 2004. Vol. 48. P. 173–176.

36. Szemes M., Kalman M., Verta A., Boscia D., Nemrth M., Kolber M., Dorgai L. Integrated RT-PCR/nested PCR diagnosis for differentiating between subgroups of plum pox virus // Journal of Virological Methods. 2001. Vol. 92. P. 165–175.

37. Wetzel T., Candresse T., Ravelonandro M., Dunez J. A polymerase chain reaction assay adapted to plum pox potyvirus detection // Journal of Virological Methods. 1991. Vol. 33. P. 355–365.

38. EPPO, 2024. Plum pox virus // EPPO data-sheets on pests recommended for regulation URL: <https://gd.eppo.int>.

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ

Приходько Юрий Николаевич, кандидат сельскохозяйственных наук, ведущий научный сотрудник научно-методического отдела вирусологии ФГБУ «ВНИИКР», р. п. Быково, г. о. Раменский, Московская обл., Россия;
e-mail: prihodko_yuri59@mail.ru.

Живаева Татьяна Степановна, научный сотрудник научно-методического отдела вирусологии ФГБУ «ВНИИКР», р. п. Быково, г. о. Раменский, Московская обл., Россия, 140150;
e-mail: zhivaeva.vniikr@mail.ru.

Шнейдер Юрий Андреевич, кандидат биологических наук, начальник научно-методического отдела вирусологии, ведущий научный сотрудник ФГБУ «ВНИИКР», р. п. Быково, г. о. Раменский, Московская обл., Россия, 140150;
ORCID 0000-0002-7565-1241
e-mail: yury.shneyder@mail.ru

29. Prikhodko Y., Shneider Y., Zhivaeva T., Morozova O. Distribution and some biological and molecular characterization of a new PPV-CR strain//2nd Int. Symp. on Plum pox virus. – Olomouc, September 3–6, 2013a. P. 25.

30. Prikhodko Y., Shneider Y., Zhivaeva T., Morozova O. PPV in Russia: Distribution and strains // Proceedings of the 2nd Int. Symp. on Plum pox virus. September 3–6, 2013, Olomouc, P. 26.

31. Prikhodko Y., Shneyder Y., Zhivaeva T., Morozova O. The PPV-W strain in Russia: distribution and identification// Book of Abstracts 3rd International Symposium on Plum pox virus. May 9–13, 2016, Antalya, Turkey, P. 45.

32. Sheveleva A., Ivanov P., Prihodko Y., James D., Chirkov S. Occurrence and genetic diversity of Wino-na-like Plum pox virus isolates in Russia // Plant Disease. 2012. Vol. 96 (8). P. 1135–1142.

33. Sheveleva A., Kudryavtseva A., Speranskaya A., Belenikin M., Melnikova N., Chirkov S. Complete genome sequence of a novel Plum pox virus strain W isolate determined by 454 pyrosequencing // Virus Genes. 2013. Vol. 47. P. 385–388.

34. Shneyder Y., Thihomirova M., Morozova O., Zhivaeva T., Prikhodko Y. The first detection of Plum pox virus in Western Siberia // Proceedings of the 24th International Conference on Virus and Other Graft Transmissible Diseases of Fruit Crops, Thessaloniki, Greece, 2017, P. 120.

35. Subr Z., Pittnerova S., Glasa M. A simplified RT-PCR-based detection of recombinant Plum pox virus isolates // Acta Virologica. 2004. Vol. 48. P. 173–176.

36. Szemes M., Kalman M., Verta A., Boscia D., Nemrth M., Kolber M., Dorgai L. Integrated RT-PCR/nested PCR diagnosis for differentiating between subgroups of plum pox virus // Journal of Virological Methods. 2001. Vol. 92. P. 165–175.

37. Wetzel T., Candresse T., Ravelonandro M., Dunez J. A polymerase chain reaction assay adapted to plum pox potyvirus detection // Journal of Virological Methods. 1991. Vol. 33. P. 355–365.

38. EPPO, 2024. Plum pox virus // EPPO data-sheets on pests recommended for regulation URL: <https://gd.eppo.int>.

INFORMATION ABOUT THE AUTHORS

Yuri Prikhodko, PhD in Agriculture, Leading Researcher, Research and Methodology Department of Virology and Bacteriology, FGBU “VNIKR”, Bykovo, Ramenskoye, Moscow Oblast, Russia, 140150;
e-mail: prihodko_yuri59@mail.ru.

Tatiana Zhivaeva, Researcher, Research and Methodology Department of Virology and Bacteriology, FGBU “VNIKR”, Bykovo, Ramenskoye, Moscow Oblast, Russia, 140150; *e-mail: zhivaeva.vniikr@mail.ru.*

Yuri Shneyder, PhD in Biology, Senior Researcher, Head of Research and Methodology Department of Virology and Bacteriology, FGBU “VNIKR”, Bykovo, Ramenskoye, Moscow Oblast, Russia, 140150;
ORCID 0000-0002-7565-1241
e-mail: yury.shneyder@mail.ru