

Богоутдинов Д. З., Гирсова Н. В., Кастальева Т. Б.
**ОЦЕНКА РАЗНООБРАЗИЯ ВИДОВ РАСТЕНИЙ, ПОРАЖАЕМЫХ
ФИТОПЛАЗМОЙ ГРУППЫ X-БОЛЕЗНИ (16Sr-III) В РОССИИ**
ФГБНУ «Всероссийский научно-исследовательский институт фитопатологии»

Реферат. В мире происходит усиление вредоносности заболеваний растений, переносимых насекомыми, в том числе фитоплазменных инфекций. В России фитоплазмы изучены недостаточно. Цель исследований – мониторинг фитоплазменных болезней в различных экономических районах РФ и определение таксономической принадлежности их возбудителей. В задачу исследований входило выявление видового состава растений, поражаемых фитоплазмами, принадлежащими к группе 16Sr-III, и их потенциальных переносчиков. Молекулярно-генетические исследования проводили во ВНИИФ в 2006–2021 гг. Материалом исследований являлись растения с симптомами фитоплазменного инфицирования и цикадки, собранные в Московской и Самарской областях. Наличие ДНК фитоплазмы в образцах определяли, используя последовательно прямую и вложенную ПЦР с соответствующими парами праймеров: P1/16S-SR и R16F2n/R16R2. Идентификацию фитоплазм проводили, анализируя полиморфизм длины рестрикционных фрагментов (ПДРФ) после обработки ампликонов ДНК длиной 1,2 Kb эндонуклеазами рестрикции. В четверти проанализированных образцов картофеля и в пяти из восьми обследованных экономических районов – Поволжском, Северо-Кавказском, Уральском, Центральном и Западно-Сибирском обнаружена фитоплазма группы 16SrIII. Также фитоплазма группы 16SrIII обнаружена в стручковом перце и петунии садовой и в двух видах дикого картофеля. Всего фитоплазма X-болезни выявлена в 51 виде растений из 19 семейств, в том числе среди бобовых (12 видов), астровых (10), розовых (6) и паслёновых (5). В других семействах выявлено по одному-два вида носителей этого вида фитоплазмы. В растительном материале наиболее часто обнаруживали фитоплазму подгруппы 16SrIII-B. Фитоплазма подгруппы 16SrIII-F выявлена в двух видах растений – астильбе (*Astilbe thunbergii* (Siebold & Zucc.) Miq.) и клевере гибридном (*Trifolium hybridum* L.). В потенциальных переносчиках – цикадках *Euscelis incisa* Kirschbaum, *Sonronius binotatus* Sahlberg, *Macrostoteles laevis* Rib. и *Psammotettix striatus* L. обнаружена фитоплазма группы 16SrIII, в том числе подгрупп 16SrIII-O и 16SrIII-P.

Ключевые слова: фитоплазма, X-болезнь, 'Candidatus Phytoplasma pruni', группа 16SrIII, насекомые-переносчики, ПЦР, ПДРФ-анализ.

Для цитирования: Богоутдинов Д. З., Гирсова Н. В., Кастальева Т. Б. Оценка разнообразия видов растений, поражаемых фитоплазмой группы X-болезни (16Sr-III) в России // Таврический вестник аграрной науки. 2021. № 4(28). С. 22–39. DOI: 10.33952/2542-0720-2021-4-28-22-39.

For citation: Bogoutdinov D. Z., Girsova N. V., Kastalyeva T. B. Assessment of diversity of plant species affected by phytoplasma of X-disease (16SR-III) group in Russia // Taurida Herald of the Agrarian Sciences. 2021. No. 4(28). P. 22–39. DOI: 10.33952/2542-0720-2021-4-28-22-39.

Введение

С потеплением климата во всём мире приобрели высокую распространённость и вредоносность фитоплазменные заболевания культурных и дикорастущих растений. Фитоплазмы представляют собой бактерии класса *Mollicutes*, лишённые клеточной

стенки, неспособные расти на традиционных искусственных питательных средах, поэтому для точной диагностики этих растительных облигатных паразитов необходимо применять молекулярно-генетические методы (ПЦР, ПДРФ, секвенирование). Уже к 2002 г. с помощью этих методов фитоплазмы были выявлены у растений более 1000 видов. В 2008 г. в доказательство широкого круга растений-хозяев фитоплазм, приводили цифру принадлежности их более чем к 100 семействам, включая виды сельскохозяйственного назначения, декоративные, сорные и дикорастущие [1–3]. В более поздних работах, несмотря на то, что каждый год обнаруживают фитоплазмы у новых видов, авторы приводят те же цифры 1000 видов и 100 семейств с добавлением слова «более». По-видимому, более точный подсчет уже затруднителен [4].

Разработка генетической классификации фитоплазм по последовательности нуклеотидов 16Sг гена позволила выявить 42 их вида, относящихся к роду ‘*Ca. Phytoplasma*’, 33 группы и 160 подгрупп фитоплазм [5, 6]. Фитоплазмы обитают в ситовидных элементах флоэмы растений, специфически связаны с насекомыми-переносчиками; для некоторых из них установлена трансвариальная передача. В межсезонье фитоплазмы сохраняются во флоэме корней многолетних растений или в диапаузирующих векторах, которые в летний период заражают здоровые растения. Распространению фитоплазм способствуют также вегетативные способы размножения, срастание корней здоровых и больных растений и передача посредством растения-паразита повилики. В отдельные годы происходят эпифитотии на однолетних растениях, вызванные массовым размножением переносчиков, что приводит к катастрофическому снижению урожая или гибели растений от вторичных инфекций. На многолетниках фитоплазмоносительство имеет перманентный характер, что приводит к выпадам растений.

В начале 30-х гг. в восточных штатах США широкое распространение получило заболевание персика неизвестной этиологии. За ним закрепилось название X-болезнь персика. Болезнь поражала и другие косточковые культуры, в том числе черешню, вишню и черемуху. Это заболевание очень вредно, оно приводит молодые деревья к гибели через один–три года после появления первых симптомов. Зараженные старые деревья могут выживать еще в течение нескольких лет, но слабо плодоносят или вообще не образуют плодов. Заболевание широко распространено в Северной Америке, но больше пока нигде не обнаружено [7, 8].

Согласно недавнему анализу, проведенному специалистами университетов штатов Вашингтон и Огайо, в США только за период 2015–2020 гг. из-за X-болезни были вырублены около четверти миллиона деревьев персика и вишни (более 238 856 деревьев). Это снизило доходность отрасли примерно на 30 миллионов долларов в 2020 г. и на 65 миллионов долларов за пятилетку. Учитывая стоимость потерь и затрат на восстановление уничтоженных посадок, за семилетний период расходы садоводов составили примерно 115 миллионов долларов [9].

С внедрением в научно-исследовательскую практику молекулярно-генетических методов исследования и классификации фитоплазм на основе гена, кодирующего 16S рРНК, была определена таксономическая принадлежность патогена, вызывающего X-болезнь персика. Возбудитель получил видовое название ‘*Candidatus Phytoplasma pruni*’ и был отнесен к подгруппе 16SrIII-A, группы 16SrIII. За болезнями, вызываемыми фитоплазмами группы 16SrIII, сохранилось название X-болезни (X-disease). В настоящее время эти болезни известны также в Европе (в том числе в России), в Азии, Африке и Южной Америке.

В Европе выявлено семь подгрупп фитоплазм, относящихся к группе 16SrIII: 16SrIII-B, 16SrIII-F, 16SrIII-J, 16SrIII-O, 16SrIII-P, 16SrIII-T и 16SrIII-R, а внутри каждой подгруппы – от одного до семи видов. Всего же в мире в группе X-болезни

известно более 26 подгрупп, что превысило количество букв английского алфавита, используемых для обозначения подгрупп.

По всему миру (Северная и Южная Америка, Африка, Европа и Азия) фитоплазма X-болезни обнаружена у более 100 видов растений, относящихся более чем к 30 семействам. По нашим примерным подсчетам, наибольшее количество видов растений, инфицированных фитоплазмой этой группы, выявлено в семействах розовых (29 видов), астровых (17 видов), бобовых (10 видов), паслёновых (7 видов) и тыквенных (6 видов). В европейских странах – Великобритании, Германии, Италии, Литве, Польше, Сербии и Чехии, фитоплазма выявлена в 20 видах из 9 семейств, а именно: астровых (семь видов), бобовых (четыре вида), розовых (два вида), по одному виду в семействах вересковых, вьюнковых, зонтичных, лютиковых, маревых, миртовых и рутовых.

К 2010 г. исследователи разных стран расшифровали последовательности 16SrIII ампликонов ДНК фитоплазмы различных видов, принадлежащих к 18 подгруппам: 16SrIII-A (Канада), 16SrIII-A, 16SrIII-B (Литва), 16SrIII-F (Германия), 16SrIII-C, -D, -E, -G, -H, -K, -M, -N, -Q, -S (США), 16SrIII-J (Бразилия), 16SrIII-L (Мексика), 16SrIII-(P/O)P, -(R/V)R (Литва) [10, 11].

В дальнейшем находили новые подгруппы фитоплазмы группы 16SrIII: 16SrIII-V (США), 16SrIII-U (Бразилия), 16SrIII-W и 16SrIII-X (Аргентина) [12–15]. В 2014 г. была добавлена подгруппа 16SrIII-Y (США) [16], а в 2016 г. – подгруппа 16SrIII-Z (Бразилия) [17]. После этого букв для обозначения новых подгрупп в английском алфавите не осталось, а новые подгруппы в группе 16SrIII продолжали находить [18].

Фитоплазма подгрупп 16SrIII-O и 16SrIII-P или 16SrIII-(P/O)P (*Dandelion virescence phytoplasma – DanVir*) была обнаружена в Литве на одуванчике с симптомами виресценции соцветий, а позднее фитоплазма 16SrIII-P была выявлена также в Литве в цикадке *Euscelis incisa* (*Kirschbaum*) и *Aphrodes* sp., а 16SrIII-B – в цикадке *Anaceratagallia ribauti* *Ossiannilsson* [19–21].

Фитоплазмы подгрупп 16SrIII-A, 16SrIII-J, 16SrIII-K, 16SrIII-S, 16SrIII-T и 16SrIII-Q идентифицированы на ягодных культурах в Аргентине, Боливии, Италии, Канаде, Литве, Польше, США и Чили [15, 18, 22–25].

В 2009–2012 гг. за рубежом проведена частичная расшифровка геномных последовательностей (*Draft genome sequences*) четырех штаммов фитоплазм, принадлежащих к трем подгруппам: 1) 16SrIII-B – ‘*Ca. Phytoplasma Italian clover phyllody*’ (филлодии итальянского клевера), штамм MA, 2) 16SrIII-F – ‘*Ca. Phytoplasma Milkweed witches’-broom*’ (ведьминой метлы молочая), штамм MW1 и ‘*Ca. Phytoplasma Vaccinium witches’-broom*’ (ведьминой метлы голубики), штамм VAC и 3) 16SrIII-H – ‘*Ca. Phytoplasma Poinsettia branch inducing*’ (индуцирующей ветвление пуансеттии), штамм JR1 PoiBI. Их геномы составили от 583 до 670 тыс. пар нуклеотидов [26]. Несмотря на принадлежность к разным подгруппам 16SrIII группы, геномы этих четырех штаммов были сходными и включали высоко консервативное ядро и минорный штамм-специфичный компонент. Что касается их белкового комплемента, они не отличались существенно по своему базовому метаболическому потенциалу от геномов других фитоплазм с широким кругом хозяев, секвенированных ранее, но отличались от штаммов других видов и между собой генами, кодирующими функции, предположительно связанные с взаимодействиями с хозяином, такие как компоненты мембранного транспорта, протеазы, ДНК-метилазы, эффекторы и др. Результаты также указывали на значительную роль горизонтального переноса генов между различными видами ‘*Ca. Phytoplasma*’ в формировании геномов фитоплазм и повышении их разнообразия [10].

В 2015 г. опубликованы данные по частичной расшифровке генома ‘*Ca. Phytoplasma pruni*’ и получена информация по 598508 парам нуклеотидной

последовательности. В результате идентифицировано 602 гена, кодирующих белок. По мнению авторов, доступность черновой последовательности генома 16SrIII-A СХ в сочетании с уже существующими другими четырьмя черновыми последовательностями генома штаммов группы 16SrIII облегчат идентификацию специфических геномных особенностей этой группы, которые могут быть ответственны за патогенез, вызываемый различными штаммами 'Ca. Phytoplasma' группы 16SrIII. Все пять штаммов проявляют характерные симптомы у их общего хозяина *Catarantus roseus* (L.) G. Don. [27].

В 2016 и 2020 гг. в Южной Америке были частично расшифрованы геномы штаммов фитоплазм подгрупп 16SrIII-J (Чили) и 16SrIII-B, штамма ChTDIII (Аргентина) [28, 29]. Чилийский изолят имел геном длиной 687253 пар нуклеотидов. Ген *IdpA*, кодирующий иммунодоминантный мембранный белок, на 85 % идентичен нуклеотидной последовательности фитоплазмы ведьминой метлы голубики (*Vaccinium witches'-broom'*), штамма VAC и на 85 % аминокислотной последовательности (76 % идентичности) фитоплазмы филлодии итальянского клевера (*Italian clover phyllody*), штамма MA1. Аргентинский изолят содержал 790517 пар нуклеотидов и кодировал 672 белка. Таким образом, расшифровка геномов семи штаммов из пяти подгрупп фитоплазм группы X-болезни способствует лучшему пониманию их разнообразия и механизма патогенности.

Среди переносчиков фитоплазм группы 16SrIII в США известны виды семейства цикадовых (*Cicadellidae*), родов: *Colladonus*, *Euscelidius*, *Fieberiella*, *Graphocephala*, *Gyponana*, *Keonella*, *Norvellina*, *Osbornellus*, *Paraphlepsius*, *Scaphytopius*, из них *Euscelidius variegatus* Kirschbaum и *Fieberiella florii* Stal. европейского происхождения [30]. В Бразилии среди возможных переносчиков фитоплазмы выявлены виды цикадок родов *Agallia*, *Agalliana*, *Atanus*, *Balcluta* [31]. В Мексике – *Circulifer tenellus* Baker (*Cicadellidae*) [32]. В Сербии экспериментально установлено, что цикадка *Euscelis incisa* является переносчиком фитоплазмы подгруппы 16SrIII-B [33].

Цель исследований – мониторинг болезней, вызываемых фитоплазмами в РФ и определение таксономической принадлежности их возбудителей.

Задачи исследования: 1) определение видового состава растений, инфицированных фитоплазмами, принадлежащими к группе 16SrIII; 2) выявление потенциальных переносчиков фитоплазмы 16SrIII в РФ; 3) обобщение собственных многолетних данных о болезнях, вызываемых фитоплазмой, относящейся к группе X-болезней.

Материалы и методы исследований

Молекулярные исследования проводили во ВНИИ фитопатологии в 2006–2021 гг.

Материалом для исследований служили свежие или высушенные образцы растений с признаками фитоплазменного инфицирования, собранные в восьми экономических районах РФ: Северном, Северо-Западном, Центральном, Поволжском, Центрально-Черноземном, Северо-Кавказском, Уральском и Западно-Сибирском. Насекомых отряда *Hemiptera* подотряда полужесткокрылых цикадовых (*Auchenorrhyncha* Dumeril.), обитающих на картофеле и бобовых, собирали с помощью энтомологического сачка с 10 площадок непосредственно на полях соответствующих культур или вблизи них в Московской и Самарской областях. Наличие ДНК фитоплазмы в образцах определяли, используя последовательно прямую и вложенную ПЦР с соответствующими парами праймеров: P1/16S-SR и R16F2n/R16R2. Идентификацию фитоплазм проводили, анализируя полиморфизм длины рестрикционных фрагментов (ПДФ) после обработки ампликонов ДНК длиной 1,2 Кб эндонуклеазами рестрикции [34–36]. Картину полиморфизма длины рестрикционных фрагментов полученных электрофоретических профилей сравнивали с известными опубликованными реальными и виртуальными профилями [37, 38].

Результаты и их обсуждение

Начиная с 2006 г. и до 2020 г., фитоплазма группы 16SrIII обнаружена в 193 образцах культурных и дикорастущих растений, собранных на территории РФ, в том числе в 66 образцах картофеля из Московской, Новосибирской, Оренбургской и Самарской областей, Краснодарского края и Республики Татарстан. Среди культурных растений, инфицированных фитоплазмой группы 16SrIII, были также земляника ананасная, боб садовый, перец стручковый, смородина черная и малина [39]. К числу инфицированных декоративных культур относят петунию, бархатцы прямостоячие, ипомею пурпурную, рудбекию рассеченную, астильбу Тунберга. Остальные растения принадлежали к дикой флоре (таблица, рисунок).

Таблица – Растения, инфицированные фитоплазмой, принадлежащей к группе X-болезни (16SrIII) в России (2006–2020 гг.)

№	Вид растения	Симптом	Место сбора (область, край, республика)	Год сбора, количество инфицированных образцов*
1	2	3	4	5
Ariaceae Lindl. – Зонтичные (1 вид)				
1	<i>Aegopodium podagraria</i> L. – Сныть обыкновенная	карликовость, хлороз, антоциан и морщинистость листьев	Московская	2010, 2015 – 1
Asteraceae Bercht. & J. Presl. – Астровые (10 видов) 39 образцов				
2	<i>Artemisia dracuncululus</i> L. – Полынь эстрагон	укорочение междоузлий, измельчение и пожелтение листьев	Московская	2009 – 1
3	<i>Aster amellus</i> L. – Астра ромашковая	пожелтение листьев	Вологодская	2009 – 1
4	<i>Cichorium intybus</i> L. – Цикорий обыкновенный	пролиферация соцветий, филлодии	Самарская	2008 – 2
5	<i>Cirsium arvense</i> (L.) Scop. – Бодяк полевой	карликовость, осветление листьев, измельчение бутонов, виресценция и пролиферация соцветий	Московская	2008 – 1, 2010 – 2, 2012 – 2, 2014 – 1, 2015 – 9, 2016 – 1, 2017 – 1. Всего – 17.
6	<i>Matricaria chamomilla</i> L. – Ромашка лекарственная	укороченные пазушные побеги, нитевидные листья	Московская	2015 – 1
7	<i>Rudbeckia laciniata</i> L. – Рудбекия рассеченная	хлороз, карликовость	Московская	2012, 2017 – 1
8	<i>Sonchus arvensis</i> L. – Осот полевой	антоциановая окраска листьев	Московская	2015 – 1
9	<i>Tagetes erecta</i> L. – Бархатцы прямостоячие	карликовость, измельчение, хлороз и антоциановая окраска нижних листьев, филлодия соцветий	Московская	2012 – 1
10	<i>Tanacetum vulgare</i> L. – Пижма обыкновенная	карликовость, хлороз и измельчение листьев, недоразвитость соцветий	Московская	2009, 2012 – 1
11	<i>Taraxacum officinale</i> (L.) Webbex F.H. Wigg – Одуванчик лекарственный	карликовость, измельчение и хлороз листьев. антоциановая окраска, виресценция и филлодия цветков	Московская, Самарская, Рязанская, Вологодская, Ярославская	2008 – 1, 2009 – 2, 2010 – 3, 2012 – 4, 2015 – 5. Всего – 11
Brassicaceae Burnett – Капустные (1 вид)				
12	<i>Barbarea vulgaris</i> W.T. W.T. Aiton typus – Сурепка обыкновенная	стекловидное видоизменение стебля	Московская	2012 – 1
Vixaseae Dumort. – Самшитовые (1 вид)				
13	<i>Vixus sempervirens</i> L. – Самшит вечнозелёный	побеление верхних листьев	Республика Крым	2012 – 1
Caryophyllaceae Juss. – Гвоздичные (2 вида)				
14	<i>Stellaria media</i> (L.) Vill. – Звездчатка средняя	карликовость, хлороз и измельчение листьев	Московская	2009 – 1
15	<i>Saponaria officinalis</i> L. – Мыльнянка лекарственная	скученность соцветий	Вологодская	2009 – 1

Продолжение таблицы

1	2	3	4	5
Convolvulaceae Juss. – Вьюнковые (1 вид)				
16	<i>Ipomoea purpurea</i> (L.) Roth – Ипомея пурпурная	карликовость, измельчение, хлороз и гофрированность листьев, отсутствие цветения	Волгоградская	2009 – 1
Fabaceae Lindl. – Бобовые (12 видов) 55 образцов				
17	<i>Lotus corniculatus</i> L. – Лядвенец рогатый	карликовость, укорочение междуузлий, мелколистность, отсутствие цветков	Архангельская	2009 – 2
18	<i>Lupinus polyphyllus</i> Lindl. – Люпин многолистный	краевое покраснение листьев	Московская	2010 – 1
19	<i>Medicago lupulina</i> L. – Люцерна хмелевидная	карликовость, желтолистность	Вологодская	2009 – 1
20	<i>Medicago sativa</i> L. – Люцерна посевная	карликовость, пролиферация побегов, измельчение, антоциан и хлороз листьев	Самарская	2012 – 1
21	<i>Melilotus albus</i> Medik. – Донник белый	карликовость, мелколистность, изреженность соцветия, позеленение цветков	Московская, Вологодская	2013 – 2
22	<i>Melilotus officinalis</i> (L.) Lam. – Донник лекарственный	укороченные междуузлий, измельчение и краевой хлороз листьев	Московская	2009 – 2
23	<i>Trifolium hybridum</i> L. – Клевер гибридный (розовый)	филлодия, карликовость, краевое покраснение листьев	Московская, Вологодская	2009 – 15, 2010 – 3, 2012 – 4, 2015 – 2. Всего – 24
24	<i>Trifolium medium</i> L. – Клевер средний	Филлодия, краевое покраснение листьев	Московская, Вологодская	2009, 2010 – 1
25	<i>Trifolium pratense</i> L. – Клевер луговой	бордовое окрашивание края листьев, измельчение соцветий и их пролиферация	Московская Вологодская, Новосибирская	2009 – 4, 2010 – 2, 2012 – 4, 2015 – 3, 2017 – 1. Всего – 14
26	<i>Trifolium repens</i> L. – Клевер ползучий	карликовость, измельчение и краевое покраснение листьев. Недоразвитость и филлодии соцветий	Московская область	2009 – 4
27	<i>Vicia faba</i> L. – Боб садовый	измельчение соцветий	Вологодская	2009 – 1
28	<i>Vicia villosa</i> Roth. – Горошек волосистый	карликовость, хлороз и измельчение листьев	Московская	2009 – 1
Grossulariaceae DC. – Крыжовниковые (1 вид)				
29	<i>Ribes nigrum</i> L. – Смородина чёрная	нетипичное боковое ветвление у саженцев первого года.	Москва, ГБС	2018 – 1
Lamiaceae Martinov – Яснотковые (1 вид)				
30	<i>Thymus vulgaris</i> L. – Тимьян обыкновенный	Пролиферация цветков	Вологодская	2009 – 1
Malvaceae Juss. – Мальвовые (2 вида)				
31	<i>Malva pusilla</i> Sm. – Мальва приземистая	мелколистность, хлороз, гофрированность и скручивание листьев, образование пазушных побегов, недоразвитость цветков	Волгоградская	2008 – 1
32	<i>Tilia cordata</i> Mill. – Липа сердцевидная	ведьмина метла, мелколистность, укорочение междуузлий	Самарская, Московская	2013 – 5
Oleaceae Hoffmanns. & Link – Маслиновые (2 вида)				
33	<i>Fraxinus excelsior</i> L. – Ясень обыкновенный	хлороз, мелколистность, скручивание листьев, пендульность побегов	Самарская	2013 – 1
34	<i>F. pennsylvanica</i> Marsh. – Ясень пенсильванский	скручивание листа вдоль жилки	Республика Крым	2012 – 1

Продолжение таблицы

1	2	3	4	5
Onagraceae Juss. – Кипрейные (1 вид)				
35	<i>Chamaenerion angustifolium</i> (L.) Scop. – Кипрей узколистный	карликовость, укорочение междоузлий соцветия, измельчение и покраснение листьев	Московская	2009 – 1
Orobanchaceae Vent – Заразиховые (1 вид)				
36	<i>Rhinanthus minor</i> L. – Погремок малый	скручивание верхних листьев	Вологодская	2012 – 1
Papaveraceae Juss. – Маковые (1 вид)				
37	<i>Eschscholzia californica</i> Cham. – Эшшольция калифорнийская	измельчение, хлороз, слабое покраснение листьев, недоразвитость цветков, пролиферация пазушных побегов	Московская	2011 – 1
Polygonaceae Juss. – Гречишные (1 вид)				
38	<i>Rumex obtusifolius</i> L. – Щавель туполистный	хлороз листьев, укорочение соцветий, недоразвитость цветков	Вологодская	2009 – 1
Ranunculaceae Juss. – Лютиковые (1 вид)				
39	<i>Consolida regalis</i> Gray – Живокость полевая	низкорослость, измельчение и хлороз листьев, измельчение и обесцвечивание цветков	Волгоградская	2009 – 1
Rosaceae Juss. – Розовые (6 видов) 6 образцов				
40	<i>Fragaria</i> × <i>ananassa</i> (Duchesne ex Weston) Duchesne ex Rosier – Земляника ананасная	измельчение листьев, недоразвитость и деформированность цветков	Московская	2008 – 1
41	<i>Prunus laurocerasus</i> L. 'Cameliifolia' – Лавровишня камелиевидная	стянутые по жилке листья	Республика Крым	2012 – 1
42	<i>Prunus tenella</i> Batsch – Миндаль степной	кустистость	Самарская	2013 – 1
43	<i>Rubus idaeus</i> L. – Малина обыкновенная	гофрированные листья, сильный хлороз	Самарская	2013 – 1
44	<i>Prunus padus</i> L. – Черёмуха обыкновенная	кустистость, хлороз, розовые цветки	Самарская	2013 – 1
45	<i>Rosa canina</i> L. – Шиповник собачий	измельчение и хлороз листьев	Московская	2015 – 1
Saxifragaceae Juss. – Камнеломковые (1 вид)				
46	<i>Astilbe thunbergii</i> (Siebold & Zucc.) Miq. – Астильба Тунберга	измельчение и краевой антоциан листьев, недоразвитость соцветия	Вологодская	2009 – 1
Solanaceae Juss. – Пасленовые (5 видов)				
47	<i>Solanum tuberosum</i> L. – Картофель	измельчение, скручивание и краевое покраснение верхних листьев	Московская, Самарская, Новосибирская, Республика Татарстан, Краснодарский край	С 2006 по 2020 гг. всего 66 образцов
48	<i>S. gibberulosum</i> Juz. et Buk (№ ВИР-92 К-27-39)	тонкие стебли, упрощение листа, слабое антоцианирование и скручивание верхних листьев	Самарская	2013 – 1
49	<i>S. chacoense</i> f. <i>sp. boergerii</i> Bitter. (№ ВИР-К-3060 D-64)	увеличение количества побегов, упрощение листьев	Самарская	2013 – 1
50	<i>Capsicum annuum</i> L. – Перец стручковый	скручивание верхних листьев, бугристость и неравномерное окрашивание плодов	Московская	2012 – 1
51	<i>Petunia</i> × <i>hybrida</i> Hort. ex E. Vilm. (= <i>Petunia axillaris</i> × <i>Petunia integrifolia</i>) – Петуния гибридная	карликовость, измельчение и хлороз листьев, антоциан жилок	Московская	2012 – 1

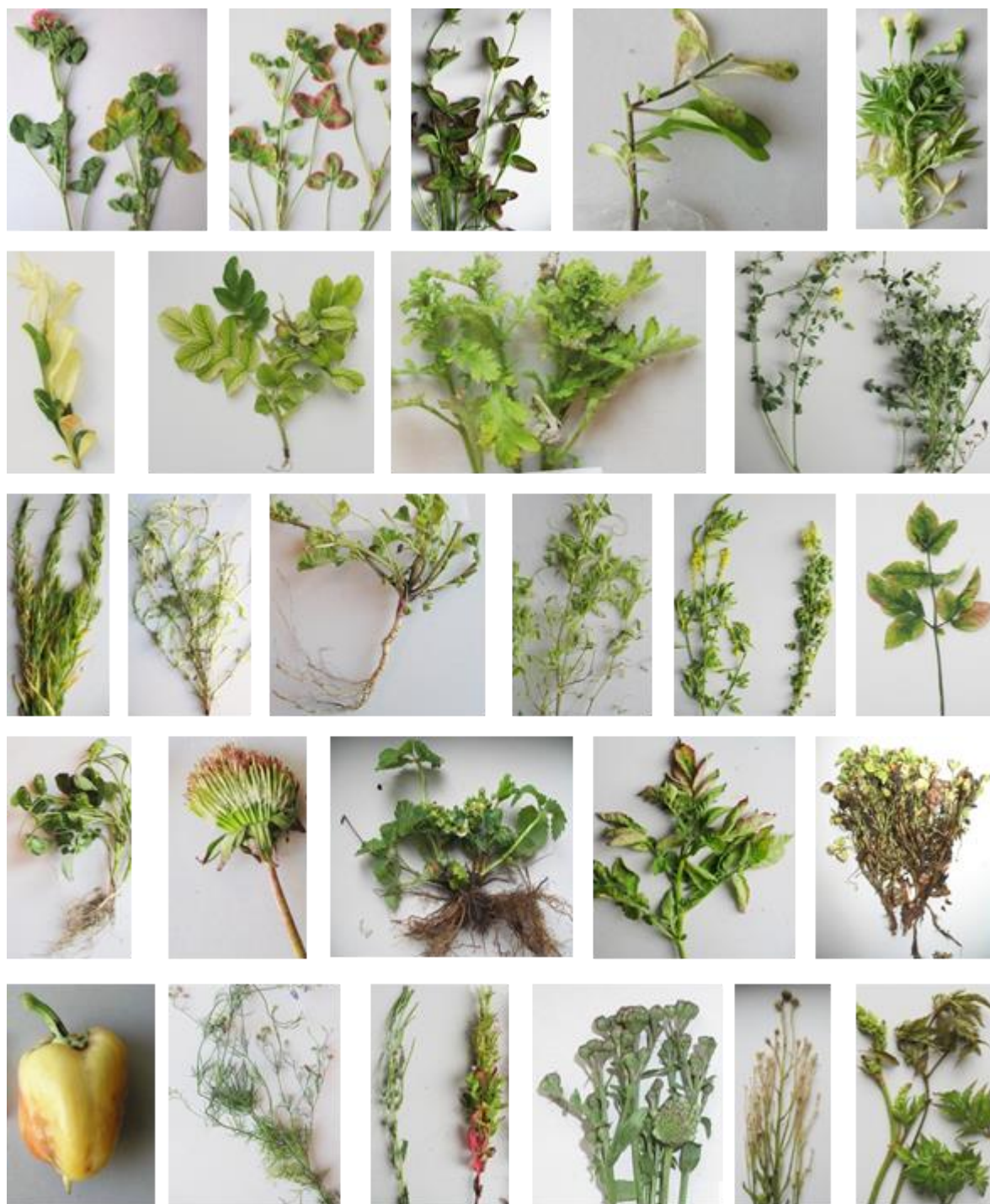


Рисунок – Симптомы инфицированности некоторых видов растений фитоплазмой, принадлежащей к группе 16SrIII

Примечания: Слева направо первый ряд: клевер гибридный, клевер ползучий, клевер луговой, петунья садовая, бархатцы прямостоячие; второй ряд: самшит вечнозелёный, шиповник собачий, пижма, лядвенец; третий ряд: полынь эстрагон, эшиолюция калифорнийская, мальва приземистая, горошек волосистый, донник лекарственный, сныть; четвертый ряд: ипомея пурпурная, одуванчик лекарственный, земляника ананасная, картофель, люцерна посевная; пятый ряд: перец стручковый, живокость полевая, кипрей узколистный, бодяк полевой, Астильба Тунберга. Фото выполнены Н. В. Гирсовой и Т.Б. Кастальевой в 2008–2017 гг.

За все годы наблюдений, растения, инфицированные фитоплазмой группы 16SrIII, представлены 51 видом из 19 семейств (см. таблицу). Они на 88 % состояли из образцов тридцати трех видов, принадлежащих к семействам астровые, бобовые, розовые и пасленовые (170 образцов). Остальные 12 % – растения 18-ти видов из 15-ти семейств: вьюнковые, гвоздичные, гречишные, заразиховые, зонтичные, камнеломковые, капустные, кипрейные, крыжовниковые, лютиковые, маковые, мальвовые, маслиновые, самшитовые и яснотковые, у которых выявлено один-два вида, инфицированных фитоплазмой. Симптомы некоторых видов растений представлены на рисунке.

Среди 51 вида инфицированных растений 34 (66,7 %) являются многолетними. Однолетники представлены культурными (боб садовый, картофель и перец) и сорными видами (живокость полевая, звездчатка средняя, мальва приземистая, погребок малый и сурепка обыкновенная) [40]. Многолетние растения в течение своей жизни имеют больше возможностей быть инфицированными и накапливают более высокую концентрацию патогена, что в конечном итоге приводит к элиминированию части растений и изреженности посевов с увеличением их возраста. Однолетние растения реже проявляют признаки заболевания фитоплазмой, что не исключает возникновения эпифитотийных ситуаций, связанных с массовым размножением переносчиков и заражением однолетних видов в начальные периоды вегетации.

Больше всего инфицированных образцов (70) выявлено в семействе пасленовых, из которых все, за исключением четырех, относились к виду *Solanum tuberosum*. В большой степени это объясняется тем, что в период 2006–2013 гг. шла работа над проектом Международного научно-технического центра, одним из направлений которого было изучение фитоплазмозов картофеля.

При исследовании фитоплазмозов картофеля в 2006–2012 гг. фитоплазма 16SrIII выявлена в растениях из пяти регионов: Поволжского (Астраханская, Самарская область, Республика Татарстан), Северо-Кавказского (Краснодарский и Ставропольский края), Уральского (Оренбургская область), Центрального (Московская, Тульская, Рязанская, Ярославская области), Западно-Сибирского (Новосибирская область). Следует признать, что количество образцов, собранных в разных регионах было разным. Более 60 % приходилось на Центральный экономический район, 20 % составляли образцы из Поволжского района и 10 % – из Северо-Кавказского. Доля образцов из Уральского и Западно-Сибирского районов была на уровне 3 % и 2 % соответственно. Образцы из прочих районов, в которых фитоплазма группы 16SrIII не обнаружена, составили все вместе около 3 %.

Большая часть инфицированных фитоплазмой группы 16SrIII образцов картофеля выявлена в 2008 г. – 23 или 40,4 % от числа всех в тот год инфицированных фитоплазмами образцов картофеля. В 2009 и 2010 гг. выявлено по 14 образцов, что составляло в том и другом случае примерно треть всех растений картофеля, инфицированных фитоплазмами. В 2012 г. на долю растений картофеля, инфицированных фитоплазмой группы 16SrIII, приходилось 14,8 %. В целом за семь лет четверть (25,5 %) всех инфицированных фитоплазмами образцов картофеля были поражены фитоплазмой группы 16SrIII [41]. Однако доля образцов картофеля, инфицированных фитоплазмой 16SrIII в Центральном экономическом районе, была неизменно выше, чем их доля в более южных районах (Северный Кавказ, Поволжье, Южный Урал), и составляла: в 2008 г. – 56 %, в 2009 – 85,7 %, в 2010 – 92,9 %, в 2012 г. – 76,9 %. В последующие годы (2013–2020 гг.) обнаружено всего 13 инфицированных фитоплазмами образцов картофеля, среди которых не было ни одной, принадлежавшей к группе 16SrIII.

На других пасленовых фитоплазма группы 16SrIII обнаружена в двух образцах дикого картофеля *S. gibberulosum* Juz. et Buk. и *S. chacoense* f. sp. *boergerii* Bitter (из

коллекции ВИР), перце стручковом (*Capsicum annuum* L.), а также в декоративном растении петунии гибридной, или петунии садовой (*Petunia* × *hybrida* Hort. ex E. Vilm. = *Petunia axillaris* × *Petunia integrifolia*) (см. рисунок).

Наибольшее разнообразие видов (12) и значительное количество инфицированных экземпляров (55) обнаружено у растений семейства бобовых [42]. Фитоплазма группы 16rIII выявлена в пяти видах клевера: *Trifolium hybridum* L. (клевер гибридный), *T. pratense* L. (клевер луговой), *T. repens* L. (клевер ползучий), *T. medium* L. (клевер средний), а также в других многолетних травах: *Melilotus albus* Medik. (донник белый), *Melilotus officinalis* (L.) Lam. (донник лекарственный), *Lupinus polyphyllus* Lindl. (люпин многолистный), *Medicago sativa* L. (люцерна посевная), *Medicago lupulina* L. (люцерна хмелевидная), *Lotus corniculatus* L. (лядвенец рогатый), и в однолетнике *Vicia villosa* Roth (горошек волосистый). Чаще других были подвержены инфицированию растения клевера гибридного и лугового.

Для фитоплазмозов бобовых характерны карликовость, повышенная кустистость, мелколистность, обесцвечивание соцветий. Характерным для клеверов (иногда и картофеля) являлся симптом, нашедший отражение в названии болезни – «краевое пожелтение». Хотя это не всегда могло быть именно пожелтение, но и покраснение или образование коричневой или цвета бордо окраски по краю листовой пластинки (см. рисунок).

Чуть меньшим разнообразием (10 видов) и количеством инфицированных фитоплазмой группы 16SrIII образцов (39) отличались растения семейства Asteraceae, два вида из которых – *Cirsium arvense* (L.) Scop. (бодяк полевой) и *Taraxacum officinale* (L.) Webb ex F.H. Wigg (одуванчик лекарственный) – в несколько раз превышали остальные по частоте инфицированности.

Среди растений семейства Rosaceae обнаружено всего шесть образцов, инфицированных фитоплазмой группы 16SrIII, и все они принадлежали к разным видам. Фитоплазма группы 16SrIII обнаружена в землянике ананасной (*Fragaria* × *ananassa* (Duchesne ex Weston) Duchesne ex Rosier), лавровишне лекарственной камелиевидной (*Prunus laurocerasus* L. 'Cameliifolia'), малине обыкновенной (*Rubus idaeus* L.), миндале степном (*Prunus tenella* Batsch) и черёмухе обыкновенной (*Prunus padus* L.) В некоторых регионах эти фитоплазмозы на промышленных плантациях ягодных культур могут иметь широкое распространение и высокую вредоносность [43].

Из других ягодных, фитоплазма 16SrIII была выявлена в Московской области на смородине чёрной (*Ribes nigrum* L.). Признаки фитоплазменного заражения смородины чёрной – мелколистность, изменение формы листовой пластинки в сторону ее упрощения, хлороз и антоциановая окраска, видоизменение цветка, повышенная кустистость, усыхание – распространены повсеместно. Особенно вредоносны фитоплазмозы смородины для степных регионов, они приводят к ослаблению растений, заражению сопутствующей грибной инфекцией и гибели до 90 % посадок [44].

Фитоплазма X-болезни может иметь вредоносное значение и для ценных видов древесных растений РФ [45, 46]. 16SrIII фитоплазма была выявлена в липе сердцевидной (*Tilia cordata* Mill.) из Самарской и Московской областей, в ясене обыкновенном (*Fraxinus excelsior* L.) из Самарской области и ясене пенсильванском ланцетном (*Fraxinus pennsylvanica* Marsh. var. *lanceolata* (Borkh.) Sarg.) из Крыма, а также в декоративном кустарнике самшите вечнозелёном (*Buxus sempervirens* L.) из Крыма. В Среднем Поволжье признаки фитоплазменного поражения ясеня обыкновенного, такие как повышенная кустистость, отставание роста, усыхание отдельных ветвей и всего дерева встречались у 100 % старовозрастных деревьев.

В 2009 г. с помощью виртуального ПДРФ анализа были вычленены две подгруппы фитоплазм. Фитоплазмой краевого пожелтения клевера, принадлежащей к подгруппе 16SrIII-B (Clover yellowing edge – CYE), были инфицированы образцы картофеля из Московской области и Ставропольского края, щавеля туполистного, эстрагона, донника желтого, мыльнянки, различных видов клевера: гибридного, среднего, лугового и ползучего, а также одуванчика и горошка волосистого. Фитоплазма подгруппы 16SrIII-F была идентифицирована в астильбе и клевере гибридном из Новосибирской области.

Большинство фитоплазм, которыми были инфицированы растения из Вологодской (Северный экономический район) и Московской области (Центральный экономический район), принадлежали к вариантам подгруппы 16SrIII-B, то есть к штаммам, у которых коэффициент сходства со стандартным ПДРФ профилем группы/подгруппы составляет 0,98–0,99 [40].

В 2009 г. был исследован видовой состав насекомых отряда Hemiptera, обитавших на картофельных посадках в Московской области. Из семи инфицированных фитоплазмами цикадок, принадлежавших к пяти видам: *Philaenus spumarius* L., *Lepironia coleoprata* L., *Aphrophora alni* Fallén, *Euscelis incisa* Kirschbaum и *Sonronius binotatus* J. Sahlberg, в двух – *E. incisa* и *S. binotatus* – была идентифицирована фитоплазма группы 16SrIII. Секвенирование нескольких типов клонов ДНК из *Euscelis incisa*, показало их принадлежность к подгруппам 16SrIII-O и 16SrIII-P. В 2010 г. из 235 особей насекомых, проверенных на наличие фитоплазмы, в пяти особях цикадок *Macrosteles laevis* Rib., обитавших на картофеле в Московской области, обнаружена фитоплазма группы 16SrIII. В 2011 и 2012 гг. были протестированы соответственно 145 и 198 цикадок, отловленных в Московской области. Среди них были особи, инфицированные фитоплазмами группы 16SrI и 16SrVI, но не 16SrIII. В 2011 г. из 76 особей шести видов равнокрылых, отловленных в Самарской области и протестированных, фитоплазма группы 16SrIII выявлена в трех цикадках *Psammotettix striatus* L.

Следует напомнить, что в Европе экспериментально подтверждена роль цикадки *Euscelis incisa* (= *Euscelis incisus*) как компетентного переносчика фитоплазмы 16SrIII [31].

Культурные и дикорастущие многолетние бобовые растения, широко возделываемые и используемые для корма животных, являются предпочтительными станциями обитания цикадовых – переносчиков фитоплазм, резерваторами и накопителями фитоплазменной инфекции, что следует учитывать при размещении сельскохозяйственных культур в севооборотах, поскольку многолетние бобовые могут быть источником инфекции и долговременными станциями обитания векторов, например, для пасленовых и ягодных культур.

Для разработки научно обоснованных мероприятий борьбы с фитоплазмозами и предупреждения возникновения эпифитотийной ситуации в каждой конкретной географической зоне необходимо своевременно, с использованием молекулярно-генетических методов, контролировать появление источников инфицирования, каковыми могут быть сорные растения-резерваторы фитоплазм, инфицированный посадочный материал и наличие насекомых – потенциальных переносчиков инфекции.

Выводы

Фитоплазма группы X-болезни (16SrIII) обнаружена у 51 вида сельскохозяйственных и дикорастущих видов растений из 19 семейств. Эти показатели превышают показатели ряда европейских стран, вместе взятых (Англия, Германия, Италия, Литва, Польша, Сербия и Чехия). В этих странах к настоящему времени фитоплазма выявлена в 20 видах из 9 семейств, что меньше, чем в странах

Северной и Южной Америки (США, Мексика, Бразилия, Аргентина и др.), где она отличается необычайным обилием разнообразных подгрупп. В России фитоплазма группы X-болезни поражает не меньшее число видов растений, чем фитоплазма группы столбура, относящаяся к группе 16SrXII, которая (как было показано нами ранее) также была обнаружена у 51 вида растений из 21 семейства [47]. В отличие от столбура, заболевания, характерного для юга России, инфицирование сельскохозяйственных культур, таких как картофель и бобовые, фитоплазмой подгруппы 16SrIII-B – краевого пожелтения клевера (Clover yellowing edge – CYE) – наиболее часто встречалось в Центральном, Северном экономических районов и Среднем Поволжье. Фитоплазма группы 16SrIII обнаружена в цикадовых четырех видов: *Euscelis incisa*, *Macrostelles laevis*, *Psammotettix striatus* и *Sonronius binotatus*, которые могут быть переносчиками этой фитоплазмы. Виртуальный ПДРФ (RFLP) секвенированного фрагмента ДНК фитоплазмы *Euscelis incisa* показал ее принадлежность к подгруппам 16SrIII-O и 16SrIII-P. Высокая частота встречаемости инфицированных фитоплазмой 16SrIII растений одуванчика (*Taraxacum officinale*) дает основание предполагать, что, кроме бобовых, кормовым растением цикадок, в частности *Euscelis incisa*, может быть и одуванчик.

Авторы выражают благодарность к.б.н. К. А. Можяевой и к.б.н. Ю. И. Мешкову, принимавшим участие в данной исследовательской работе в период 2006–2015 гг. и коллегам проекта МНТЦ №3468 из США И.М. Ли и К. Ботнер-Паркер.

Литература

1. Mycoplasmas of plants and insects // Ed. by Razin S., Herrmann R. London, United Kingdom: Kluwer Academic/Plenum Publishers, 2002. P. 91–115. DOI: 10.1007/b113360.
2. Bertaccini A. Phytoplasmas: diversity, taxonomy, and epidemiology // *Frontiers in Bioscience*. 2007. Vol. 12. P. 673–689. DOI: 10.2741/2092.
3. Hogenhout S., Oshima K., Ammar E., Kakizawa S., Kingdom H.N., Namba S. Phytoplasmas: bacteria that manipulate plants and insects // *Molecular Plant Pathology*. 2008. Vol. 9(4). P. 403–423. DOI: 10.1111/j.1364-3703.2008.00472.x
4. Namba S. Molecular and biological properties of phytoplasmas // *Proceedings of the Japan Academy. Series B “Physical and Biological Sciences”*. 2019. Vol. 95(7). P. 401–418. DOI: 10.2183/pjab.95.028.
5. Bertaccini A. The phytoplasma classification between ‘Candidatus species’ provisional status and ribosomal grouping system // *Phytopathogenic Mollicutes*. 2019. Vol. 9(1). P. 1–2. DOI: 10.5958/2249-4677.2019.00001.X.
6. Phytoplasmas: Plant Pathogenic Bacteria – I // Ed. by Rao G. P., Fiore N., Bertaccini A., Liefting. L. W. Springer Nature Singapore Pte Ltd., 2019. P. 4–13. DOI: 10.1007/978-981-13-0119-3.
7. Peach X-disease phytoplasma Data Sheets on Quarantine Pests Prepared by CAB International and EPPO for the EU under Contract 90/39900. 5 p. [Электронный ресурс]. Режим доступа: https://gd.eppo.int/doc/188_datasheet_PHYPPNPDF (дата обращения 23.10.2021).
8. Marcone C. Current status of phytoplasma disease of peach // *Acta Horticulturae*. 2015. Vol. 1084. P. 569–578. DOI: 10.17660/ActaHortic.2015.1084.77.
9. Harper S., Northfield T., Nottingham L., DuPont T. X-disease phytoplasma (Western X) // WSU comprehensive tree fruit site. [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://treefruit.wsu.edu/crop-protection/disease-management/western-x/> (дата обращения 23.10.2021).
10. Zhao Y., Wei W., Lee I.-M., Shao J., Suo X., Davis R.E. Construction of an interactive online phytoplasma classification tool, iPhyClassifier, and its application in analysis of the peach X-disease phytoplasma group (16SrIII) // *International Journal of Systematic and Evolutionary Microbiology*. 2009. Vol. 59. P. 2582–2593. DOI: 10.1099/ijs.0.010249-0.
11. Lee I.-M., Bottner-Parker K. D., Zhao Y., Davis R. E., Harrison N. Phylogenetic analysis and delineation of phytoplasmas based on SecY gene sequences // *International Journal of Systematic and Evolutionary Microbiology*. 2010. Vol. 60(12). P. 2887–2897. DOI: 10.1099/ijs.0.019695-0.
12. Davis R. E., Zhao Y., Dally E. L., Jomantiene R., Lee I.-M., Wei W., Kitajima E. W. ‘Candidatus Phytoplasma sudamericanum’, a novel taxon, and strain PassWB-Br4, a new subgroup 16SrIII-V phytoplasma, from diseased passion fruit (*Passiflora edulis* f. *flavicarpa* Deg.) // *Int. J. Syst. Evol. Microbiol.* 2012. Vol. 62. P. 984–989. DOI: 10.1099/ijs.0.033423-0.

13. Amaral Mello A. P., Eckstein B., Flores D., Kreyci P. F., Bedendo I. P. Identification by computer-simulated RFLP of phytoplasmas associated with eggplant giant calyx representative of two subgroups, a lineage of 16SrIII-J and the new subgroup 16SrIII-U // *Int. J. Syst. Evol. Microbiol.* 2011. Vol. 61. P. 1454–1461. DOI: 10.1099/ijms.0.019141-0.
14. Eckstein B., Barbosa J. C., Kreyci P. F., Canale M. C., Brunelli K. R., Bedendo I. P. Broccoli stunt, a new disease in broccoli plants associated with three distinct phytoplasma groups in Brazil // *J. Phytopathol.* 2013. Vol. 161(6). P. 442–444. DOI: 10.1111/jph.12087.
15. Galdeano E., Guzman F. A., Fernandez F., Conci L. R. Genetic diversity of 16SrIII group phytoplasmas in Argentina. Predominance of sub-groups 16SrIII-J and B and two new subgroups 16SrIII-W and X // *Eur. J. Plant Pathol.* 2013. Vol. 137. P. 753–764. DOI: 10.1007/s10658-013-0285-5.
16. Lee I.-M., Polashock J., Bottner-Parker K. D., Bagadia P. G., Rodriguez-Saona C., Zhao Y., Davis R. E. New subgroup 16SrIII-Y phytoplasmas associated with false-blossom diseased cranberry (*Vaccinium macrocarpon*) plants and with known and potential insect vectors in New Jersey // *European Journal of Plant Pathology.* 2014. Vol. 139. P. 393–400. DOI: 10.1007/s10658-014-0396-7.
17. Perez-Lopez E., Luna-Rodriguez M., Olivier C. Y., Dumonceaux T. J. The underestimated diversity of phytoplasmas in Latin America // *International Journal of Systematic and Evolutionary Microbiology.* 2016. Vol. 66. P. 492–513. DOI: 10.1099/ijsem.0.000726.
18. Fernandez F. D., Meneguzzi N. G., Conci L. R. Identification of three novel subgroups within the X-disease group phytoplasma associated with strawberry redness disease // *Int. J. Syst. Evol. Microbiol.* 2017. Vol. 67. P. 753–758. DOI: 10.1099/ijsem.0.001636.
19. Jomantiene R., Davis R. E., Valiunas D., Alminaitė A. New group 16SrIII phytoplasma lineages in Lithuania exhibit rRNA interoperon sequence heterogeneity // *European Journal of Plant Pathology.* 2002. Vol. 108(6). P. 507–517. DOI: 10.1023/A:1019982418063.
20. Ivanauskas A., Valiunas D., Jomantiene R., Staniulis J., Alma A., Picciau L., Davis R. E. First report of potential phytoplasma vectors: *Euscelis incisus* and *Macrosteles sexnotatus* in Lithuania // *Bulletin of Insectology.* 2011. Vol. 64. P. 131–132. [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://www.bulletinofinsectology.org/pdfarticles/vol64-2011-S131-S132inavauskas.pdf> (дата обращения 23.10.2021).
21. Ivanauskas A., Valiunas D., Jomantiene R., Picciau L., Davis R. E. Possible insect vectors of ‘*Candidatus Phytoplasma asteris*’ and ‘*Ca. Phytoplasma pruni*’-related strains in Lithuania // *Zemdirbyste-Agriculture.* 2014. Vol. 101. No. 3. P. 313–320. DOI: 10.13080/z-a.2014.101.040.
22. Davis R. E., Zhao Y., Dally E. L., Lee I.-M., Jomantiene R., Douglas S. M. ‘*Candidatus Phytoplasma pruni*’, a novel taxon associated with X-disease of stone fruits, *Prunus spp.*: multilocus characterization based on 16S rRNA, secY, and ribosomal protein genes // *Int. J. of Systematic and Evolutionary Microbiology.* 2013. Vol. 63. P. 766–776. DOI: 10.1099/ijms.0.041202-0.
23. González F., Zamorano A., Pino A. M., Paltrinieri S., Bertaccini A., Fiore N. Identification of phytoplasma belonging to X-disease group in cherry in Chile // *Bulletin of Insectology.* 2011. Vol. 64. P. 235–236. [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://www.bulletinofinsectology.org/pdfarticles/vol64-2011-S235-S236gonzalez.pdf> (дата обращения 23.10.2021).
24. Harrison N. A., Boa E., Carpio M. L. Characterization of phytoplasmas detected in chinaberry trees with symptoms of leaf yellowing and decline in Bolivia // *Plant Pathology.* 2003. Vol. 52(2). P. 147–157. DOI: 10.1046/j.1365-3059.2003.00818.x.
25. Fernández F., Guzmán F., Curzel V., Bejarano N., Conci L. Detection and molecular characterization of a phytoplasma affecting *Prunus persica* L. in Jujuy, Argentina // *European Journal of Plant Pathology.* 2013. Vol. 135. P. 627–631. DOI: 10.1007/s10658-012-0109-z.
26. Saccardo F., Martini M., Palmano S., Ermacora P., Scortichini M., Loi N., Firrao G. Genome drafts of four phytoplasma strains of the ribosomal group 16SrIII // *Microbiology.* 2012. Vol. 15. P. 2805–2814. DOI: 10.1099/mic.0.061432.
27. Lee I.-M., Shao J., Bottner-Parker K.D., Gundersen-Rindal D.E., Zhao Y., Davis R.E. Draft genome sequence of ‘*Candidatus Phytoplasma pruni*’ strain CX, a plant-pathogenic bacterium // *Genome Announc.* 2015. Vol. 3(5). Art. No. e01117-15. DOI: 10.1128/genomeA.01117-15.
28. Zamorano A., Fiore N. Draft genome sequence of 16SrIII-J phytoplasma, a plant pathogenic bacterium with a broad spectrum of hosts // *Genome Announc.* 2016. No. 4. Art. No. e00602-16. DOI:10.1128/genomeA.00602-16.
29. Fernández F. D., Zübert C., Huettel B., Kube M., Conci L. R. Draft Genome Sequence of “*Candidatus Phytoplasma pruni*” (X-disease group, subgroup 16SrIII-B) strain ChTDIII from Argentina // *Microbiol Resour Announc.* 2020. Vol. 17. No. 9(38). Art. No. e00792-20. DOI:10.1128/MRA.00792-20.
30. Lenzi P., Stoepler T. M., McHenry D.J., Davis R.E., Wolf T.K. *Jikradia olitoria* ([Hemiptera]:[Cicadellidae]) transmits the sequevar NAGYIIIβ phytoplasma strain associated with North American grapevine yellows in artificial feeding Assays // *J. Insect. Sci.* 2019. Vol. 19(1). P. 1. DOI: 10.1093/jisesa/iey124.

31. Kreyci P. F., Eckstein B., Lopes J. R. S., Ferreira J., Bedendo I. P. Transmission of “*Candidatus Phytoplasma pruni*”-related strain associated with broccoli stunt by four species of leafhoppers // J. Phytopathol. 2018. Vol. 166. P. 502–505. DOI: 10.1111/jph.12710.
32. Medina-Hernández D., Vargas-Salinas M., Holguín-Peña R. J. Abundance of the beet leafhopper, *Circulifer tenellus*, associated with 16SrIII-phytoplasmas in squash at Baja California Sur, Mexico // Southwestern Entomologist. 2019. Vol. 44(2). P. 373–381. DOI:10.3958/059.044.0202.
33. Jakovljević M., Jović J., Mitrović M., Krstić O., Kosovac A., Toševski I., Cvrković T. *Euscelis incisus* (Cicadellidae, Deltocephalinae), a natural vector of 16SrIII-B phytoplasma causing multiple inflorescence disease of *Cirsium arvense* // Annals of Applied Biology. 2015. Vol. 167(3). P. 406–419. DOI: 10.1111/aab.12236.
34. Maixner M., Ahrens U., Seemüller E. Detection of the German grapevine yellows (Vergilbungskrankheit) MLO in grapevine, alternative hosts and a vector by a specific PCR procedure // Eur. J. Plant Pathol. 1995. Vol. 101. 1995. P. 241–250 DOI: 10.1007/BF01874780.
35. Green M. J., Thompson D. A., Mackenzie D. J. Easy and efficient DNA extraction from woody plants for the detection of phytoplasmas by polymerase chain reaction // Plant Disease. 1999. Vol. 83. P. 482–485. DOI: 10.1094/PDIS.1999.83.5.482.
36. Tanne E., Boudon-Padieu E., Clair D., Davidovich M., Melamed S., Meir K. Detection of Phytoplasma by polymerase chain reaction of insect feeding medium and its use in determining vectoring ability // Phytopathology. 2001. Vol. 91. P.741–746. DOI: 10.1094/PHYTO.2001.91.8.741.
37. Lee I.-M., Gundersen-Rindal D. E., Davis R. E., Bartoszyk I. M. Revised classification scheme of phytoplasmas based on RFLP analyses of 16S rRNA and ribosomal protein gene sequences // Int. J. Syst. Bacteriol. 1998. Vol. 48. P. 1153–1169. DOI: 10.1099/00207713-48-4-1153.
38. Wei W., Davis R. E., Lee I.-M., Zhao Y. Computer-simulated RFLP analysis of 16S rRNA genes: identification of ten new phytoplasma groups // Int. J. Syst. Evol. Microbiol. 2007. Vol. 57. P. 1855–1867. DOI: 10.1099/ijs.0.65000-0.
39. Кастальева Т. Б., Богоутдинов Д. З., Боттнер-Паркер К. Д., Гирсова Н. В., Ли И.-М. О разнообразии фитоплазмозов сельскохозяйственных культур в России: патогены и их переносчики // Сельскохозяйственная биология. 2016. Том 51. № 3. С. 367–375. DOI: 10.15389/agrobiol.2016.3.367rus.
40. Гирсова Н. В., Можаяева К. А., Кастальева Т. Б., Богоутдинов Д. З. Фитоплазмозы сорных и дикорастущих травянистых растений // Защита и карантин растений. 2015. № 9. С.34–39.
41. Girsova N. V., Bottner-Parker K. D., Bogoutdinov D. Z., Kastalyeva T. B., Meshkov Y. I., Mozhaeva K. A., Lee I.-M. Diverse phytoplasmas associated with potato stolbur and other related potato diseases in Russia // Eur. J. of Plant Pathology. 2016. Vol. 145. P. 139–153. DOI 10.1007/s10658-015-0824-3.
42. Girsova N. V., Bottner-Parker K. D., Bogoutdinov D. Z., Kastalyeva T. B., Meshkov Y. I., Mozhaeva K. A., Lee I.-M. Diverse phytoplasmas associated with leguminous crops in Russia // Eur. J. of Plant Pathology. 2017. Vol. 149(3). P. 599–610. DOI: 10.1007/s10658-017-1209-6.
43. Богоутдинов Д. З., Гирсова Н. В., Кастальева Т. Б. Фитоплазменные болезни плодовых и ягодных культур в Центральном и Поволжском регионах России // Плодоводство и ягодоводство России. 2019. Т. 59. С. 212–218. DOI: 10.31676/2073-4948-2019-59-212-218.
44. Немцева Н. В., Горбунова О. С., Савин Е. З., Маленкова О. В., Богоутдинов Д. З. К вопросу об увядании чёрной смородины // Вестник Оренбургского государственного университета, 2016, № 5 (193). С. 65–69. [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://cyberleninka.ru/article/n/k-voprosu-ob-uvyadanii-chyornoj-smorodiny/viewer> (дата обращения 23.10.2021)
45. Гирсова Н. В., Богоутдинов Д. З., Можаяева К. А., Кастальева Т. Б. Фитоплазмозы деревьев кустарников в Поволжье // Известия ТСХА. 2014. С. 36–48.
46. Богоутдинов Д. З., Гирсова Н. В., Кастальева Т. Б. Влияние фитоплазмозов на состояние древесной растительности в России и за рубежом // Материалы Всероссийской конференции с международным участием «Мониторинг и биологические методы контроля вредителей и патогенов древесных растений: от теории к практике». М.-Красноярск: ИЛ СО РАН, 2019. С. 28–30.
47. Богоутдинов Д. З., Гирсова Н. В., Кастальева Т. Б. Анализ видового состава растений, поражаемых фитоплазмой группы столбура в России // Таврический вестник аграрной науки. 2020. № 3 (23). С. 26–42.

References

1. Mycoplasmas of plants and insects // Ed. by Razin S., Herrmann R. London, United Kingdom: Kluwer Academic/Plenum Publishers, 2002. P. 91–115. DOI: 10.1007/b113360.
2. Bertaccini A. Phytoplasmas: diversity, taxonomy, and epidemiology // Frontiers in Bioscience. 2007. Vol. 12. P. 673–689. DOI: 10.2741/2092.

3. Hogenhout S., Oshima K., Ammar E., Kakizawa S., Kingdom H.N., Namba S. Phytoplasmas: bacteria that manipulate plants and insects // *Molecular Plant Pathology*. 2008. Vol. 9(4). P. 403–423. DOI: 10.1111/j.1364-3703.2008.00472.x
4. Namba S. Molecular and biological properties of phytoplasmas // *Proceedings of the Japan Academy. Series B “Physical and Biological Sciences”*. 2019. Vol. 95(7). P. 401–418. DOI: 10.2183/pjab.95.028.
5. Bertaccini A. The phytoplasma classification between ‘Candidatus species’ provisional status and ribosomal grouping system // *Phytopathogenic Mollicutes*. 2019. Vol. 9(1). P. 1–2. DOI: 10.5958/2249-4677.2019.00001.X.
6. *Phytoplasmas: Plant Pathogenic Bacteria – I* // Ed. by Rao G. P., Fiore N., Bertaccini A., Liefting. L. W. Springer Nature Singapore Pte Ltd., 2019. P. 4–13. DOI: 10.1007/978-981-13-0119-3.
7. Peach X-disease phytoplasma Data Sheets on Quarantine Pests Prepared by CABI and EPPO for the EU under Contract 90/39900. 5 p. [Electronic resource]. Access point: https://gd.eppo.int/doc/188_datasheet_PHYPPNPDF (reference’s date 23.10.2021).
8. Marcone C. Current status of phytoplasma disease of peach // *Acta Horticulturae*. 2015. Vol. 1084. P. 569–578. DOI: 10.17660/ActaHortic.2015.1084.77.
9. Harper S., Northfield T., Nottingham L., DuPont T. X-disease phytoplasma (Western X) // WSU comprehensive tree fruit site. [Electronic resource]. Access point: <http://treefruit.wsu.edu/crop-protection/disease-management/western-x/> (reference’s date 23.10.2021).
10. Zhao Y., Wei W., Lee I.-M., Shao J., Suo X., Davis R.E. Construction of an interactive online phytoplasma classification tool, iPhyClassifier, and its application in analysis of the peach X-disease phytoplasma group (16SrIII) // *International Journal of Systematic and Evolutionary Microbiology*. 2009. Vol. 59. P. 2582–2593. DOI: 10.1099/ijs.0.010249-0.
11. Lee I.-M., Bottner-Parker K. D., Zhao Y., Davis R. E., Harrison N. Phylogenetic analysis and delineation of phytoplasmas based on SecY gene sequences // *International Journal of Systematic and Evolutionary Microbiology*. 2010. Vol. 60(12). P. 2887–2897. DOI: 10.1099/ijs.0.019695-0.
12. Davis R. E., Zhao Y., Dally E. L., Jomantiene R., Lee I.-M., Wei W., Kitajima E. W. ‘Candidatus Phytoplasma sudamericanum’, a novel taxon, and strain PassWB-Br4, a new subgroup 16SrIII-V phytoplasma, from diseased passion fruit (*Passiflora edulis* f. *flavicarpa* Deg.) // *Int. J. Syst. Evol. Microbiol.* 2012. Vol. 62. P. 984–989. DOI: 10.1099/ijs.0.033423-0.
13. Amaral Mello A. P., Eckstein B., Flores D., Kreyci P. F., Bedendo I. P. Identification by computer-simulated RFLP of phytoplasmas associated with eggplant giant calyx representative of two subgroups, a lineage of 16SrIII-J and the new subgroup 16SrIII-U // *Int. J. Syst. Evol. Microbiol.* 2011. Vol. 61. P. 1454–1461. DOI: 10.1099/ijs.0.019141-0.
14. Eckstein B., Barbosa J. C., Kreyci P. F., Canale M. C., Brunelli K. R., Bedendo I. P. Broccoli stunt, a new disease in broccoli plants associated with three distinct phytoplasma groups in Brazil // *J. Phytopathol.* 2013. Vol. 161(6). P. 442–444. DOI: 10.1111/jph.12087.
15. Galdeano E., Guzman F. A., Fernandez F., Conci L. R. Genetic diversity of 16SrIII group phytoplasmas in Argentina. Predominance of sub-groups 16SrIII-J and B and two new subgroups 16SrIII-W and X // *Eur. J. Plant Pathol.* 2013. Vol. 137. P. 753–764. DOI: 10.1007/s10658-013-0285-5.
16. Lee I.-M., Polashock J., Bottner-Parker K. D., Bagadia P. G., Rodriguez-Saona C., Zhao Y., Davis R. E. New subgroup 16SrIII-Y phytoplasmas associated with false-blossom diseased cranberry (*Vaccinium macrocarpon*) plants and with known and potential insect vectors in New Jersey // *European Journal of Plant Pathology*. 2014. Vol. 139. P. 393–400. DOI: 10.1007/s10658-014-0396-7.
17. Perez-Lopez E., Luna-Rodriguez M., Olivier C. Y., Dumonceaux T. J. The underestimated diversity of phytoplasmas in Latin America // *International Journal of Systematic and Evolutionary Microbiology*. 2016. Vol. 66. P. 492–513. DOI: 10.1099/ijsem.0.000726.
18. Fernandez F. D., Meneguzzi N. G., Conci L. R. Identification of three novel subgroups within the X-disease group phytoplasma associated with strawberry redness disease // *Int. J. Syst. Evol. Microbiol.* 2017. Vol. 67. P. 753–758. DOI: 10.1099/ijsem.0.001636.
19. Jomantiene R., Davis R. E., Valiunas D., Alminaitė A. New group 16SrIII phytoplasma lineages in Lithuania exhibit rRNA interoperon sequence heterogeneity // *European Journal of Plant Pathology*. 2002. Vol. 108(6). P. 507–517. DOI: 10.1023/A:1019982418063.
20. Ivanauskas A., Valiunas D., Jomantiene R., Staniulis J., Alma A., Picciau L., Davis R. E. First report of potential phytoplasma vectors: *Euscelis incisus* and *Macrosteles sexnotatus* in Lithuania // *Bulletin of Insectology*. 2011. Vol. 64. P. 131–132. [Electronic resource]. Access point: <http://www.bulletinofinsectology.org/pdfarticles/vol64-2011-S131-S132inavauskas.pdf> (reference’s date 23.10.2021).
21. Ivanauskas A., Valiunas D., Jomantiene R., Picciau L., Davis R. E. Possible insect vectors of ‘Candidatus Phytoplasma asteris’ and ‘Ca. Phytoplasma pruni’-related strains in Lithuania // *Zemdirbyste-Agriculture*. 2014. Vol. 101. No. 3. P. 313–320. DOI: 10.13080/z-a.2014.101.040.
22. Davis R. E., Zhao Y., Dally E. L., Lee I.-M., Jomantiene R., Douglas. S. M. ‘Candidatus Phytoplasma pruni’, a novel taxon associated with X-disease of stone fruits, *Prunus spp.*: multilocus

characterization based on 16S rRNA, secY, and ribosomal protein genes // Int. J. of Systematic and Evolutionary Microbiology. 2013. Vol. 63. P. 766–776. DOI: 10.1099/ij.s.0.041202-0.

23. González F., Zamorano A., Pino A. M., Paltrinieri S., Bertaccini A., Fiore N. Identification of phytoplasma belonging to X-disease group in cherry in Chile // Bulletin of Insectology. 2011. Vol. 64. P. 235–236. [Electronic resource]. Access point: <http://www.bulletinofinsectology.org/pdfarticles/vol64-2011-S235-S236gonzalez.pdf> (reference's date 23.10.2021).

24. Harrison N. A., Boa E., Carpio M. L. Characterization of phytoplasmas detected in chinaberry trees with symptoms of leaf yellowing and decline in Bolivia // Plant Pathology. 2003. Vol. 52(2). P. 147–157. DOI: 10.1046/j.1365-3059.2003.00818.x.

25. Fernández F., Guzmán F., Curzel V., Bejarano N., Conci L. Detection and molecular characterization of a phytoplasma affecting *Prunus persica* L. in Jujuy, Argentina // European Journal of Plant Pathology. 2013. Vol. 135. P. 627–631. DOI: 10.1007/s10658-012-0109-z.

26. Saccardo F., Martini M., Palmano S., Ermacora P., Scortichini M., Loi N., Firrao G. Genome drafts of four phytoplasma strains of the ribosomal group 16SrIII // Microbiology. 2012. Vol. 15. P. 2805–2814. DOI: 10.1099/mic.0.061432.

27. Lee I.-M., Shao J., Bottner-Parker K.D., Gundersen-Rindal D.E., Zhao Y., Davis R.E. Draft genome sequence of ‘*Candidatus* Phytoplasma pruni’ strain CX, a plant-pathogenic bacterium // Genome Announc. 2015. Vol. 3(5). Art. No. e01117-15. DOI: 10.1128/genomeA.01117-15.

28. Zamorano A., Fiore N. Draft genome sequence of 16SrIII-J phytoplasma, a plant pathogenic bacterium with a broad spectrum of hosts // Genome Announc. 2016. No. 4. Art. No. e00602-16. DOI:10.1128/genomeA.00602-16.

29. Fernández F. D., Zübert C., Huettel B., Kube M., Conci L. R. Draft Genome Sequence of “*Candidatus* Phytoplasma pruni” (X-disease group, subgroup 16SrIII-B) strain ChTDIII from Argentina // Microbiol Resour Announc. 2020. Vol. 17. No. 9(38). Art. No. e00792-20. DOI:10.1128/MRA.00792-20.

30. Lenzi P., Stoepler T. M., McHenry D.J., Davis R.E., Wolf T.K. *Jikradia olitoria* ([Hemiptera]:[Cicadellidae]) transmits the sequevar NAGYIIIβ phytoplasma strain associated with North American grapevine yellows in artificial feeding Assays // J. Insect. Sci. 2019. Vol. 19(1). P. 1. DOI: 10.1093/jisesa/iey124.

31. Kreyci P. F., Eckstein B., Lopes J. R. S., Ferreira J., Bedendo I. P. Transmission of “*Candidatus* Phytoplasma pruni”-related strain associated with broccoli stunt by four species of leafhoppers // J. Phytopathol. 2018. Vol. 166. P. 502–505. DOI: 10.1111/jph.12710.

32. Medina-Hernández D., Vargas-Salinas M., Holguín-Peña R. J. Abundance of the beet leafhopper, *Circulifer tenellus*, associated with 16SrIII-phytoplasmas in squash at Baja California Sur, Mexico // Southwestern Entomologist. 2019. Vol. 44(2). P. 373–381. DOI:10.3958/059.044.0202.

33. Jakovljević M., Jović J., Mitrović M., Krstić O., Kosovac A., Toševski I., Cvrković T. *Euscelis incisus* (Cicadellidae, Deltocephalinae), a natural vector of 16SrIII-B phytoplasma causing multiple inflorescence disease of *Cirsium arvense* // Annals of Applied Biology. 2015. Vol. 167(3). P. 406–419. DOI: 10.1111/aab.12236.

34. Maixner M., Ahrens U., Seemüller E. Detection of the German grapevine yellows (Vergilbungskrankheit) MLO in grapevine, alternative hosts and a vector by a specific PCR procedure // Eur. J. Plant Pathol. 1995. Vol. 101. 1995. P. 241–250 DOI: 10.1007/BF01874780.

35. Green M. J., Thompson D. A., Mackenzie D. J. Easy and efficient DNA extraction from woody plants for the detection of phytoplasmas by polymerase chain reaction // Plant Disease. 1999. Vol. 83. P. 482–485. DOI: 10.1094/PDIS.1999.83.5.482.

36. Tanne E., Boudon-Padiou E., Clair D., Davidovich M., Melamed S., Meir K. Detection of Phytoplasma by polymerase chain reaction of insect feeding medium and its use in determining vectoring ability // Phytopathology. 2001. Vol. 91. P.741–746. DOI: 10.1094/PHTO.2001.91.8.741.

37. Lee I.-M., Gundersen-Rindal D. E., Davis R. E., Bartoszyk I. M. Revised classification scheme of phytoplasmas based on RFLP analyses of 16S rRNA and ribosomal protein gene sequences // Int. J. Syst. Bacteriol. 1998. Vol. 48. P. 1153–1169. DOI: 10.1099/00207713-48-4-1153.

38. Wei W., Davis R. E., Lee I.-M., Zhao Y. Computer-simulated RFLP analysis of 16S rRNA genes: identification of ten new phytoplasma groups // Int. J. Syst. Evol. Microbiol. 2007. Vol. 57. P. 1855–1867. DOI: 10.1099/ij.s.0.65000-0.

39. Kastal'eva T. B., Bogoutdinov D. Z., Bottner-Parker K. D., Girsova N. V., Lee I.-M. Diverse phytoplasmas associated with diseases in various crops in Russia – pathogens and vectors // Sel'skokhozyaistvennaya Biologiya [Agricultural Biology]. 2016. Vol. 51. No. 3. P. 367–375. DOI: 10.15389/agrobiol.2016.3.367rus.

40. Girsova N. V., Mozhaeva K. A., Kastal'eva T. B., Bogoutdinov D. Z. Phytoplasma diseases of weeds and wild grasses // Plant protection and quarantine. 2015. No. 9. P. 34–39.

41. Girsova N. V., Bottner-Parker K. D., Bogoutdinov D. Z., Kastalyeva T. B., Meshkov Y. I., Mozhaeva K. A., Lee I.-M. Diverse phytoplasmas associated with potato stolbur and other related potato diseases in Russia // *Eur. J. of Plant Pathology*. 2016. Vol. 145. P. 139–153. DOI 10.1007/s10658-015-0824-3.
42. Girsova N. V., Bottner-Parker K. D., Bogoutdinov D. Z., Kastalyeva T. B., Meshkov Y. I., Mozhaeva K. A., Lee I.-M. Diverse phytoplasmas associated with leguminous crops in Russia // *Eur. J. of Plant Pathology*. 2017. Vol. 149(3). P. 599–610. DOI: 10.1007/s10658-017-1209-6.
43. Bogoutdinov D. Z., Girsova N. V., Kastalyeva T. B. Phytoplasmic diseases of fruit and small fruit crops in the Central and Volga regions of Russia// *Pomiculture and small fruits culture in Russia*. 2019. Vol. 59. P. 212–218. DOI: 10.31676/2073-4948-2019-59-212-218.
44. Nemtseva N.V., Gorbunova O.S., Bogoutdinov D.Z., Savin E.Z., Malenkova O.V. To the question of withering of blackcurrant // *Vestnik of the Orenburg State University*. 2016. No. 5 (193). P. 65–69. [Electronic resource]. Access point: <https://cyberleninka.ru/article/n/k-voprosu-ob-uvyadaniy-chyornoy-smorodiny/viewer> (reference's date 23.10.2021)
45. Girsova N. V., Bogoutdinov D. Z., Mozhaeva K. A., Kastalyeva T. B. Phytoplasma diseases of wood and shrub plants in the Volga Region // *Izvestiya of Timiryazev Agricultural Academy*. 2014. Iss. 5. P. 36–48.
46. Bogoutdinov D. Z., Girsova N. V., Kastalyeva T. B. The impact of phytoplasma diseases on the condition of woody vegetation in Russia and abroad // *Proceedings of the Second International Conference "Monitoring and biological control methods of woody plant pests and pathogens: from theory to practice"*. Moscow – Krasnoyarsk: Institute of Forest Northern Branch (NB) of the RAS, 2019. P. 28–30.
47. Bogoutdinov D. Z., Girsova N. V., Kastalyeva T. B. Analysis of the species composition of plants infected with phytoplasma of the stolbur group in Russia // *Taurida Herald of the Agrarian Sciences*. 2020. No. 3 (23). P. 26–42. DOI:10.33952/2542-0720-2020-3-23-26-42.

UDC 632.3

Bogoutdinov D. Z., Girsova N. V., Kastalyeva T. B.

**ASSESSMENT OF DIVERSITY OF PLANT SPECIES AFFECTED BY
PHYTOPLASMA OF X-DISEASE (16Sr-III) GROUP IN RUSSIA**

Summary. *Worldwide, there is an increase in the harmfulness of plant diseases transmitted by insects, including phytoplasmas. In Russia, phytoplasma diseases have been studied insufficiently. The aim of the study was to monitor phytoplasma diseases in various economic regions of the Russian Federation and determine the taxonomic affiliation of their pathogens. The task of the study was to identify the species composition of plants affected by phytoplasmas belonging to the 16Sr-III group and their potential vectors. Molecular genetic studies were carried out at the All-Russian Research Institute of Phytopathology (VNIIF) in 2006-2021. Plants with symptoms of phytoplasma infection and leafhoppers collected in the Moscow and Samara regions were the material of the research. The presence of phytoplasma DNA in the samples was determined using sequentially direct and nested PCR with the primer pairs: P1/16S-SR and R16F2n/R16R2, respectively. Phytoplasmas were identified by analyzing restriction fragment length polymorphism (RFLP) after treatment of 1.2 Kb DNA amplicons with restriction endonucleases. In a quarter of the analyzed potato samples and five of the eight surveyed economic regions (Volga, North Caucasian, Ural, Central and West Siberian), phytoplasma of the 16SrIII group was found. Among other solanaceous, phytoplasma of the 16SrIII group was found in pepper and garden petunia, as well as in two species of wild potatoes. In total, the phytoplasma of X-disease was detected in 51 species of plants from 19 families, including Fabaceae (12 species), Asteraceae (10), Rosaceae (6), and Solanaceae (5). In other families, 1–2 plant species infected with this phytoplasma were identified. The phytoplasma of the 16SrIII-B subgroup was most frequently found in plant material. Phytoplasma of the 16SrIII-F subgroup was detected in two plant species: astilbe (*Astilbe thunbergii* (Siebold & Zucc.) Miq.) and hybrid clover (*Trifolium hybridum* L.). In potential vectors (leafhoppers *Euscelis incisa* Kirschbaum, *Sonronius binotatus* Sahlberg, *Macrosteles laevis* Rib. and *Psammotettix striatus* L.), phytoplasma of the 16SrIII group, including the 16SrIII-O and 16SrIII-P subgroups, was found.*

Keywords: *phytoplasma, X-disease, 'Candidatus Phytoplasma pruni', 16SrIII group, insect vectors, PCR, RFLP analysis.*

Богоутдинов Дамир Забихуллович, кандидат биологических наук, научный сотрудник, ФГБНУ «Всероссийский научно-исследовательский институт фитопатологии»; 143050, Россия, Московская область, Одинцовский городской округ, раб. пос. Большие Вязёмы, ул. Институт, 5-а; e-mail: bogoutdinov@list.ru.

Гирсова Наталья Викторовна, кандидат биологических наук, старший научный сотрудник, ФГБНУ «Всероссийский научно-исследовательский институт фитопатологии»; 143050, Россия, Московская область, Одинцовский городской округ, раб. пос. Большие Вязёмы, ул. Институт, 5-а; e-mail: ngirsova@yandex.ru.

Кастальева Татьяна Борисовна, кандидат биологических наук, ведущий научный сотрудник, ФГБНУ «Всероссийский научно-исследовательский институт фитопатологии»; 143050, Россия, Московская область, Одинцовский городской округ, раб. пос. Большие Вязёмы, ул. Институт, 5-а; e-mail: kastalyeva@yandex.ru.

Bogoutdinov Damir Zabikhullovich, Cand. Sc. (Biol.), researcher, State Scientific Institution “All-Russian Research Institute of Phytopathology” of Russian Academy of Science; 5-a, Institut Str., village Bolshie Vyazemy, Odintsovo urban district, Moscow region, 143050, Russia; e-mail: bogoutdinov@list.ru.

Girsova Natalya Viktorovna, Cand. Sc. (Biol.), senior researcher, State Scientific Institution “All-Russian Research Institute of Phytopathology” of Russian Academy of Science; 5-a, Institut Str., village Bolshie Vyazemy, Odintsovo urban district, Moscow region, 143050, Russia; e-mail: ngirsova@yandex.ru.

Kastalyeva Tatyana Borisovna, Cand. Sc. (Biol.), leading researcher, State Scientific Institution “All-Russian Research Institute of Phytopathology” of Russian Academy of Science; 5-a, Institut Str., village Bolshie Vyazemy, Odintsovo urban district, Moscow region, 143050, Russia; e-mail: kastalyeva@yandex.ru.

Дата поступления в редакцию – 1.10.2021.

Дата принятия к печати – 05.11.2021.