

УДК 634.10/.2:632.3

ФИТОПЛАЗМЫ ПЛОДОВЫХ КУЛЬТУР

А.А. Змушко

РУП «Институт плодоводства»,

ул. Ковалёва, 2, аг. Самохваловичи, Минский район, 223013, Беларусь,

e-mail: belhort@it.org.by

РЕЗЮМЕ

В Европе плодовые деревья семейства *Rosaceae* значительно поражаются фитоплазмами, принадлежащими к группе пролиферации яблони (apple proliferation group, 16SrX group). Пролиферация яблони вызывается микроорганизмом *Candidatus Phytoplasma mali* (Ca. P. mali). Экономический ущерб от пролиферации яблони, главным образом, возникает вследствие уменьшения урожайности. Плоды не достигают товарного размера, они безвкусные и имеют нехарактерную для сорта окраску. Истощение и отмирание груши (pear decline) – экономически важное заболевание растений, вызываемое фитоплазмой *Candidatus Phytoplasma pyri*. Оно сопровождается внезапным покраснением и усыханием листьев, которые затем опадают. Также усыхает кора побегов и стволов. В итоге происходит быстрое отмирание всего дерева. Европейская желтуха косточковых (European stone fruit yellows) вызывается фитоплазмой *Candidatus Phytoplasma prunorum*. Инфицированные деревья могут демонстрировать многочисленные симптомы, такие как хлоротическое скручивание листьев, деформация листьев, сниженный терминальный рост, некроз на поперечном срезе ствола и ветвей, верхушечное усыхание (суховершинность), истощение и отмирание.

Ключевые слова: фитоплазма, пролиферация яблони, истощение и отмирание груши, европейская желтуха косточковых, *Candidatus Phytoplasma mali*, *Candidatus Phytoplasma pyri*, *Candidatus Phytoplasma prunorum*.

В Европе плодовые деревья семейства *Rosaceae* значительно поражаются фитоплазмами, принадлежащими к группе пролиферации яблони (apple proliferation group, 16SrX group). Они вызывают пролиферацию яблони (apple proliferation; AP; *Candidatus Phytoplasma mali*), истощение и отмирание груши (pear decline; PD; *Candidatus Phytoplasma pyri*), Европейскую желтуху косточковых (European stone fruit yellows; ESFY; *Candidatus Phytoplasma prunorum*) [1].

Фитоплазма пролиферации яблони (apple proliferation phytoplasma)

Пролиферация яблони вызывается микроорганизмом, который согласно современной номенклатуре, называется *Candidatus Phytoplasma mali* (Ca. P. mali), относимый к таксономической группе 16SrX, подгруппа А [2, 3, 4].

Ca. *Phytoplasma mali* встречается во многих видах рода *Malus*, а также, изредка, в таких растениях, как *Pyrus communis*, *Pyrus pyrifolia*, *Prunus salicina*, *Corylus avellana*, *Crataegus monogyna*, *Quercus robur*, *Quercus rubra*, *Carpinus betulus*, *Convolvulus arvensis*. Ca. *Phytoplasma mali* встречается только в Европе. Ca. P. mali, Ca. P. pyri и Ca. P. prunorum – филогенетически близкородственные виды, с межвидовой разницей в последовательностях их 16S рДНК – от 1,0 до 1,5 %. ПЦР-амплификация с использова-

нием праймеров AP9/AP10, с последующей рестрикцией ферментами *RsaI* и *HincII* позволяет отличить *Ca. P. mali* от *Ca. P. pyri* и *Ca. P. prunorum* [5].

Пролиферация яблони широко распространена в странах Европы: Австрия, Болгария, Венгрия, Германия, Греция, Италия, Испания, Польша, Румыния, Словакия, Словения, Франция, Чехия. На территории бывшего Советского Союза пролиферация была описана в Латвии, Молдавии, Эстонии, в Волгоградской и Московской областях, в Краснодарском крае [4].

Впервые пролиферация яблони была описана в 1950 г. в Венето (Италия). В 1954 г. о похожих симптомах сообщалось из Трентино (Италия), одного из крупнейших районов возделывания яблони в Европе [4].

На основе результатов PCR-RFLP анализов изоляты *Candidatus Phytoplasma mali* могут быть классифицированы на три подтипа: AP, AP-1 и AT-2 [3].

Пролиферация проявляется, прежде всего, в сокращении количества и ухудшении качества плодов, характерной метельчатости части побегов, избыточном порослеобразовании. Побеги-метелки растут вертикально. В верхней части они густо израстают тонкими ветвями, отходящими от основного побега под острым углом. Листья на этих побегах хлоротизированы, вытянуты, имеют более острые зубцы, у них чрезмерно развиты прилистники. Встречается израстание и позеленение цветков (характерно для сорта Джонатан), летнее цветение [2]. Описывается также раннее покраснение листьев [6].

Экономический ущерб от пролиферации яблони, главным образом, возникает вследствие уменьшения урожайности. Плоды не достигают товарного размера, они безвкусные и имеют нехарактерную для сорта окраску. По данным ряда исследований, средние потери урожая от пролиферации в зависимости от сорта составляют от 47 % (Пармен зимний золотой) до 80,5 % (Джонатан). Кроме того, заболевание в целом ослабляет дерево и способствует поражению его мучнистой росой [4].

После многолетних наблюдений выяснилось, что все сорта и подвои яблони, возделываемые в настоящее время, считаются восприимчивыми к болезни. На настоящий момент нет устойчивых сортов к пролиферации яблони [4]. Из классических сортов заболеванию наиболее подвержены сорта Джонатан, Ред Делишес, Голден Делишес, Ренет Симиренко и сорта, созданные на их основе [2].

Apple proliferation phytoplasma может распространяться при прививке, срастании корней деревьев, с помощью повилики. *Ca. P. mali* передаётся в персистентной манере двумя векторами-переносчиками – псиллидами *Cacopsylla picta* и *Cacopsylla melanoneura* [4, 3, 7]. Роль цикадки *Fieberiella flori*, как вектора этой фитоплазмы, также обсуждается [3].

Поскольку прямые меры борьбы против возбудителя пролиферации яблони невозможны, решающее значение имеет использование предупредительных мероприятий для ограничения распространения и снижения потерь от данного заболевания. В первую очередь, к ним относятся ликвидация всех источников заражения и использование здорового посадочного материала. Саженцы яблони должны поступать из питомников, свободных от *Apple proliferation phytoplasma*. При выявлении достоверных симптомов заболевания, поражённые деревья должны быть немедленно удалены из сада. Молодые сады следует регулярно обследовать. Если промышленный сад закладывается на месте раскорчевки старого сада, необходимо удалить оставшиеся корни больных деревьев, для того чтобы избежать переноса возбудителя пролиферации яблони через срастание корней. В настоящее время стратегия борьбы с этим заболеванием основывается на выведении устойчивых сортов и подвоев [4].

Фитоплазма истощения и отмирания груши (pear decline phytoplasma) [2]

Истощение и отмирание груши (pear decline) – экономически важное заболевание растений, вызываемое фитоплазмой *Candidatus Phytoplasma pyri*, принадлежащей к группе пролиферации яблони (apple proliferation (AP) group), подгруппе 16SrX-C [8].

Истощение и отмирание груши (pear decline; PD) было обнаружено в Европе, Азии, Северной Америке и Австралии и считается одним из наиболее опасных заболеваний деревьев груши [5, 9].

Заболевание поражает все виды рода *Pyrus*. Кроме того, *Ca. P. pyri* была также обнаружена в *Corylus avellana*. *Ca. P. pyri* можно отличить от *Ca. P. mali* рестрикцией 16S рДНК, используя ферменты *SspI* и *BsaAI*, и от *Ca. P. prunorum* – используя ферменты *RsaI* и *SfcI* [5].

Усыхание (истощение) груши (pear decline phytoplasma) сопровождается внезапным покраснением и усыханием листьев, которые затем опадают. Также усыхает кора побегов и стволов. В итоге происходит быстрое отмирание всего дерева. Известен и второй тип симптомов, когда появляются мелкие, слегка скрученные листья, свисающие вниз. В этом случае также может произойти отмирание дерева [10].

C. pyri, *C. pyricola* и *C. pyrisuga* – псиллиды рода *Cacopsylla*, считающиеся важными переносчиками фитоплазмы *Ca. P. pyri* [8].

Меры борьбы включают защиту растений от псиллид-переносчиков и отбор здоровых растений на основе общих принципов выращивания свободного от инфекции посадочного материала. Ранняя диагностика с использованием высокочувствительных методов позволяет своевременно браковать больные растения и ограничить распространение инфекции [10].

Фитоплазма истощения и отмирания груши (pear decline phytoplasma) обычно детектируется с помощью методов PCR-RFLP (polymerase chain reaction/restriction fragment length polymorphism). В настоящее время real-time PCR успешно используется для обнаружения и определения количества фитоплазмы истощения и отмирания груши [8].

Европейская желтуха косточковых (European stone fruit yellows; ESFY)

Европейская желтуха косточковых (European stone fruit yellows) вызывается фитоплазмой *Candidatus Phytoplasma prunorum*. *Ca. P. prunorum* принадлежит к группе пролиферации яблони (apple proliferation (AP) phytoplasma group (16SrX)), подгруппе B [11].

ESFY причиняет экономический ущерб видам *Prunus* в Европе и Малой Азии [11]. Было подтверждено, что ESFY встречается в большинстве стран Европы [12].

ESFY было впервые описано как истощение японской сливы в Италии, отмечено в нескольких странах в Европе, как серьезная проблема в некоторых Средиземноморских странах, таких, как Испания, Франция и Италия, где абрикос и японская слива (наиболее чувствительные виды), широко распространены. До тех пор пока Lorenz et al. (1994) [13] не определил общую этиологию этих заболеваний и не предложил одно название «European stone fruit yellows» (ESFY), болезнь называлась согласно симптомам, наблюдаемым на косточковых – «хлоротическое скручивание листьев абрикоса» («apricot chlorotic leaf roll» (ACLR)), лептонекроз сливы («plum leptonecrosis» (PLN)), пожелтение персика («peach yellowing») [5, 14].

Candidatus Phytoplasma prunorum вызывает также такие заболевания, как «Molières disease» черешни, истощение миндаля [5].

Ca. P. prunorum можно отличить от *Ca. P. mali* рестрикцией 16S рДНК ферментами *RsaI*, *BsaAI*, *SspI* и *SfcI*, а также от *Ca. P. pyri* – используя ферменты *RsaI* и *SfcI* [5].

Дикие и культурные растения *Prunus* sp. являются природными хозяевами *Candidatus Phytoplasma prunorum*. Показано, что наиболее обычные природные хозяева *Ca. P. prunorum* – абрикос (*Prunus armeniaca* L.), алыча (*P. cerasifera* Ehrh.), европейская слива (*P. domestica* L.), персик (*P. persica* L.), японская слива (*P. salicina* Lindley), тёрн (*P. spinosa* L.) [11]. Большинство видов *Prunus* могут поддерживать размножение *Ca. P. prunorum* [14].

Патоген был обнаружен во Франции в дикорастущем *Celtis australis* L., ясени (*Fraxinus excelsior* L.), шиповнике (*Rosa canina* L.), а также в винограде в Венгрии и Сербии [11]. Фитоплазма также была обнаружена в *Corylus avellana*. Возможно, дикие виды играют важную роль в эпидемиологии [14].

Инфицированные деревья могут демонстрировать многочисленные симптомы, такие как хлоротическое скручивание листьев, деформация листьев, сниженный терминальный рост, некроз на поперечном срезе ствола и ветвей, верхушечное усыхание (суховершинность), истощение и отмирание. Абрикос, персик и японская слива – относятся к видам плодовых деревьев, наиболее чувствительных к ESFY. Инфицированные деревья абрикоса и японской сливы демонстрируют пожелтение и скручивание листьев, за которыми следует покраснение листьев, некроз, истощение и отмирание. Симптомы на персике более умеренные и состоят из преждевременного покраснения листьев, скручивания листьев, увеличения жилок. Европейская слива демонстрирует высокую устойчивость к ESFY, однако, деревья некоторых сортов могут демонстрировать умеренные симптомы. Известно, что заражение фитоплазмой *Ca. P. prunorum* не приводит к опустошению садов черешни и вишни, поскольку эти деревья латентно заражены или демонстрируют только умеренные симптомы [11].

В статье [15] отмечено, что симптоматические деревья вишни, примерно 10-летнего возраста, демонстрировали слабую вегетацию, уменьшенный размер листьев, закрученные вверх листья изменённого цвета, варьирующие от жёлтых до красных.

Ca. P. prunorum передаётся сливой псиллидой *Cacopsylla pruni* [11, 16].

Различные модификации молекулярных методов в настоящее время используются для обнаружения ESFY, такие как, например, прямая ПЦР («direct PCR») или «гнездовая» ПЦР («nested PCR») с различными специфичными и неспецифичными праймерами, такими как пары праймеров R16F1/R0 и R16F2/R2 для nested PCR [17], или универсальная пара праймеров fU5/rU3 (позитивный сигнал – 874-bp), и специфическая пара праймеров fAT/rPRUS (позитивный сигнал – 550-bp) [12, 18, 19].

Очень важно использовать здоровый посадочный материал и избегать закладки косточковых садов в областях, где встречаются *Ca. P. prunorum* и его потенциальный переносчик [11].

Культура тканей может использоваться для элиминации фитоплазм из растений для того, чтобы получить клоны здорового посадочного материала. Термотерапия и культура меристем *in vitro* использовались для элиминации ESFY-фитоплазм из абрикоса [11].

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В Европе плодовые деревья семейства *Rosaceae* значительно поражаются фитоплазмами, принадлежащими к группе пролиферации яблони (apple proliferation group, 16SrX group). Они вызывают пролиферацию яблони (apple proliferation; AP; *Candidatus Phytoplasma mali*), истощение и отмирание груши (pear decline; PD; *Candidatus Phytoplasma pyri*), Европейскую желтуху косточковых (European stone fruit yellows; ESFY; *Candidatus Phytoplasma prunorum*). Основные меры борьбы включают использование здорового посадочного материала, борьбу с переносчиками, пространственную изоляцию от очагов инфекции, уничтожение растений-резервуаров.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Diagnostics of fruit trees phytoplasmas – the importance of latent infections / N. Mehle [et al.] // Proceedings of the 21st International Conference on Virus and other Graft Transmissible Diseases of Fruit Crops. – 2010. – № 427. – P. 412–414.
2. Бунцевич, Л.Л. Вирусные и вирусоподобные заболевания садовых культур на юге России / Л.Л. Бунцевич // Инновационные технологии в питомниководстве: материалы междунар. науч.-практ. конф., пос. Самохваловичи, 15 июня – 31 июля 2009 г. / РУП «Ин-т плодоводства»; редкол.: В.А. Самусь (гл. ред.) [и др.]. – Самохваловичи, 2009. – С. 124–129.
3. Cieślińska, M. Detection and molecular characterization of phytoplasmas infecting apple trees in Poland / M. Cieślińska, D.E. Kruczyńska // Hort. Sci. (Prague). – 2014. – Vol. 41, № 1. – P. 27–33.
4. Каримова, Е.В. Apple proliferation phytoplasma – опасное заболевание, поражающее яблони / Е.В. Каримова // Интегрированная защита растений: стратегия и тактика: материалы Международной научно-практической конференции, посвященной 40-летию со дня организации РУП «Институт защиты растений», Минск, 5-8 июля 2011 г. / РУП «Научно-практический центр НАН Беларуси по земледелию», Республиканское научное дочернее унитарное предприятие «Институт защиты растений». – Несвиж, 2011. – С. 703–706.
5. Firrao, G. Short taxonomic guide to the genus ‘*Candidatus Phytoplasma*’ / G. Firrao, K. Gibb, C. Streten // J. Plant Pathol. – 2005. – Vol. 87, № 4. – P. 249–263.
6. Lavina, A. ‘*Candidatus Phytoplasmas mali*’: identification of potential insect vectors in Spanish apple orchards / A. Lavina, J. Sabate, A. Batlle // Bulletin of Insectology. – 2011. – № 64 (Supplement). – P. 125–126.
7. *Cacopsylla picta* as most important vector for ‘*Candidatus Phytoplasma mali*’ in Germany and neighbouring regions / B. Jarausch [et al.] // Bulletin of Insectology. – 2007. – № 60(2). – P. 189–190.
8. Occurrence of potential vectors of phytoplasma in pear orchards with different plantation management / E. Chroboková [et al.] // Hort. Sci. (Prague). – 2014. – Vol. 41, № 3. – P. 107–113.
9. Mycoplasma (Phytoplasma) detection in pear with pear decline, test plants and psyllids in Romania using dot blot immunoassay method / P.G. Ploaie [et al.] // Lucrări științifice U.Ș.A.M.V.B. – 2008. – Seria B, Vol. LI. – P. 362–367.
10. Самсонова, Л.Н. Фитоплазменные болезни / Л.Н. Самсонова // Защита и карантин растений. – 2007. – № 1. – С. 40–43.
11. Cieślińska, M. European stone fruit yellows disease and its causal agent ‘*Candidatus Phytoplasma prunorum*’ / M. Cieślińska // Journal of Plant Protection Research. – 2011. – Vol. 51, № 4. – P. 441–447.
12. Nečas, T. Detection of phytoplasma ESFY in apricot trees using phloem and petioles / T. Nečas, B. Krška // Plant Protect. Sci. – 2005. – Vol. 41, № 4. – P. 132–140.
13. Phytoplasma diseases of *Prunus* species in Europe are caused by genetically similar organisms / K.H. Lorenz [et al.] // Z Pflanzenk Pflanzen. – 1994. – Vol. 101, № 6. – P. 567–575.
14. Rubio-Cabetas, M. J. Detection and identification of ‘*Candidatus Phytoplasma prunorum*’ in *Prunus* germplasm / M. J. Rubio-Cabetas, S. Sancho // Spanish Journal of Agricultural Research. – 2009. – Vol. 7, № 2. – P. 439–446.

15. Detection of different types of phytoplasmas in stone fruit orchards in northern Italy / F. Landi [et al.] // Bulletin of Insectology. – 2007. – 60 (2). – P. 163-164.
16. Transmission of European Stone Fruit Yellows Phytoplasma (*'Candidatus Phytoplasma prunorum'*) during the propagation process / M. Riedle-Bauer [et al.] // Mitteilungen Klosterneuburg. – 2012. – Vol. 62, № 4. – P.177–181.
17. Detection of multiple phytoplasmas in perennial fruit trees with decline symptoms in Italy / I.-M. Lee [et al.] // Phytopathology. – 1995. – 85. – P. 728–735.
18. Detection of the apple proliferation and pear decline phytoplasmas by PCR amplification of ribosomal and nonribosomal DNA / K.-H. Lorenz [et al.] // Phytopathology. – 1995. – Vol. 85, Issue 7. – P. 771–776.
19. Richter, S. Susceptibility of Austrian apricot and peach cultivars to ESFY / S. Richter // Plant Protection Science. – 2002. – 38 (Special issue 2). – P. 281–284.

PHYTOPLASMAS, THE PATHOGENS OF FRUIT TREES

A.A. Zmushko

SUMMARY

In Europe, the fruit trees of Rosaceae family are seriously affected by phytoplasmas belonging to the apple proliferation group (16SrX group). The causal agent of apple proliferation is *'Candidatus Phytoplasma mali'* (*'Ca. P. mali'*). Apple proliferation cause economic losses due to decrease of productivity. Fruits don't reach the commodity size, they tasteless and have coloring, uncharacteristic for a cultivar. Pear decline is an economically important plant disease caused by the phytoplasma *'Candidatus Phytoplasma pyri'*. It is followed by sudden leaf reddening and defoliation. Also bark of shoots and trunks dries out. As a result a fast dying off of whole tree occurs. The European stone fruit yellows (ESFY) is caused by *'Candidatus Phytoplasma prunorum'*. Infected trees may show numerous symptoms such as chlorotic leaf roll, leaf deformation, reduced terminal growth, necrosis on the cross section of trunk and branches, die-back and decline.

Key words: phytoplasma, apple proliferation, pear decline, European stone fruit yellows, *Candidatus Phytoplasma mali*, *Candidatus Phytoplasma pyri*, *Candidatus Phytoplasma prunorum*.

Дата поступления статьи в редакцию 06.04.2016