

ФИТОПЛАЗМОЗЫ ХВОЙНЫХ

© 2014 Д.З. Богоутдинов

Самарская государственная сельскохозяйственная академия

Поступила 13.05.2014

Впервые в России в Самарской области выявлены фитоплазмы группы столбура 16SrXII-A ‘*Candidatus Phytoplasma solani*’ в можжевельнике казацком (*Juniperus sabina* L.) и туе западной (*Thuja occidentalis* L.), а также неидентифицированные фитоплазмы в сосне обыкновенной (*Pinus silvestris* L.).

Ключевые слова: фитоплазмы группы столбура 16SrXII-A ‘*Candidatus Phytoplasma solani*’, можжевельник казацкий (*Juniperus sabina* L.), туя западная (*Thuja occidentalis* L.), сосна обыкновенная (*Pinus silvestris* L.), Самарская область России

Хвойные относятся к древнейшему отделу растений *Pinophyta* или *Coniferae*. В отдельных регионах северного полушария они занимают доминирующее распространение. В настоящее время известны экземпляры сосен и елей, возраст которых насчитывает 4-8 тысяч лет. Неоценимо их экономическое, экологическое, фитосанитарное и эстетическое значение. Многообразие видов и форм делают хвойные растения незаменимыми при конструировании городских ландшафтов.

Несмотря на экологическую пластичность, выносливость и долговечность, многие виды хвойных в урбанистической среде подвержены неблагоприятному антропогенному воздействию, усиливающему аддитивное действие стрессоров биологического и абиотического характера. В связи с этим, ряд заболеваний древесных культур имеют невыясненную этиологию. В России неизвестны причины поражения деревьев желтухами, проявляющихся аномалиями развития. Для них характерно обесцвечивание листьев и хвои или изменение нормальной окраски, деформация вегетативных органов: карликовость, повышенная кустистость (пролиферация, ведьмина мётла), гутаперчивость побегов, проявляющаяся плакучими, стелящимися, извитыми формами. При сильном развитии заболеваний, отмечается отмирание листвы, хвои, отдельных ветвей и всего растения. У цветущих форм проявляются видоизменения цветка: позеленение лепестков (виресценция), изменение интенсивности окраски, превращение элементов цветка в листья (филлодия), или в побеги (пролиферация), что может вызывать стерильность и возвратное цветение в конце вегетации. В древесине отмечается некроз тканей флоэмы. Растения с признаками желтух более интенсивно поражаются в последствие грибами и бактериями, что осложняет диагностику заболеваний. В 2012-2013 гг. в Самарской области впер-

вые в России выявлены фитоплазмы в 34 видах древесных, в том числе в хвойных.

Фитоплазмы (ФП) относятся к бактериям класса Mollicutes, порядка Achleplasmatales, семейства Achleplasmataceae. ФП, формально называемые ранее MLO (микоплазмоподобные организмы), - являются плеоморфными, лишёнными клеточной стенки бактериями с минимальным среди клеточных организмов геномом (530 – 1350 kbp), с низким содержанием гуанина и цитозина (23-29%). ФП являются одной из причин заболеваний растений типа желтух, которые к настоящему времени зарегистрированы более чем у 1000 видов растений, принадлежащих к 100 семействам [17, 21]. ФП заселяют ситовидные элементы флоэмы растений, а также различные ткани и органы насекомых-переносчиков, преимущественно цикад и псиллид [8, 24]. ФП нельзя вырастить на искусственных средах, но можно выявить при исследовании срезов тканей растений и насекомых в электронный микроскоп, а также молекулярными методами анализа 16S rRNA генов. Временный таксономический статус «*Candidatus*» используемый для не полностью охарактеризованных микроорганизмов, также был принят для наименования фитоплазм – ‘*Ca. Phytoplasma species*’ [3, 6, 8, 19]. ФП классифицированы в систему групп и подгрупп на основании RFLP анализа 16S rRNA генов (16Sr DNA) [15, 16]. Виды одной группы ФП имеют сходство нуклеотидных последовательностей 16S rRNA генов больше 97,5% [8]. К настоящему времени выделено около 30 групп фитоплазм [15, 16]. В России, где молекулярные исследования фитоплазменных болезней растений начаты сравнительно недавно (2006), фитоплазменная природа заболеваний установлена для 97 видов растений из 35 семейств [2], из них половина выявлены в Самарской области (54 вида из 19 семейств) [1]. В России в растениях определены фитоплазмы 8 таксономических групп.

Из 416 видов растений зарегистрированных нами в условиях России с признаками желтух, около 50 относится к древесным, из них, только

Богоутдинов Дамир Забикуллович, кандидат биологических наук, доцент, e-mail: bogoutdinov@list.ru

10 видов хвойных. В мире фитоплазменная природа также доказана для ограниченного круга древесных и хвойных растений.

С 1998 по 2011 гг. в Индии, Испании, Италии, Германии, Китае, Литве, Польше, США, Украине, Чехии и Хорватии ФП выявлены в пятнадцати видах трёх семейств хвойных растений. Определены фитоплазмы пяти групп, из них преобладающими являются ФП, принадлежащие к группе 16SrXXI-A '*Candidatus Phytoplasma pini*', реже

выявлялись ФП из групп: 16SrIII '*Candidatus Phytoplasma pruni*', 16SrIX-E '*Candidatus Phytoplasma phoenicium*', 16SrI-B '*Candidatus Phytoplasma asteris*' и 16SrVI '*Candidatus phytoplasmas trifolii*' (таблица). Характерными признаками заражения хвойных фитоплазмами является хлороз хвои, повышенная кустистость, образование шаровидных ведьминых метел на отдельных ветвях.

Таблица. Виды хвойных и виды фитоплазм (литературные данные 1998-2014 гг.)

№	Виды растений	Выявленные группы фитоплазмы	страна	Авторы, год
1	Араукария разнолистная – <i>Araucaria heterophylla</i> (Salisb.) Franko.	16SrVI ' <i>Ca. phytoplasmas trifolii</i> '	Индия	Gupta M.K., et. al., 2009
2	Ель голубая – <i>Picea pungens</i> Engelm.	16SrXXI-A ' <i>Ca. Phytoplasma pini</i> '	Польша, Чехия	Kaminska, M., et. al., 2011
3	Кипарис <i>Cupressus</i> L.	16SrIII ' <i>Ca. Phytoplasma pruni</i> '	Италия	Paltrinieri S., et. al., 1998
4	Лиственница европейская – <i>Larix decidua</i> MILL.,	16SrI-B ' <i>Ca. Phytoplasma asteris</i> '	Украина	Jomantiene R., et. al., 2011
5	Можжевельник западный – <i>Juniperus occidentalis</i> Hook.	16SrIX-E ' <i>Ca. Phytoplasma phoenicium</i> '	США	Davis R.E., et. al., 2010
6	Пихта высокорослая – <i>Abies procera</i> Rehder.	16SrXXI-A ' <i>Ca. Phytoplasma pini</i> '	Польша, Чехия	Kaminska, M., et. al., 2011
7	Сосна алеппская – <i>Pinus halepensis</i> Mill.	16SrXXI-A ' <i>Ca. Phytoplasma pini</i> '	Германия, Испания, Польша	Schneider B., et. al., 2005
8	Сосна банкса – <i>Pinus banksiana</i> Lamb.	16SrXXI-A ' <i>Ca. Phytoplasma pini</i> '	Польша, Чехия	Kaminska, M., et. al., 2011
9	Сосна горная – <i>P. mugo</i> Turra.	16SrXXI-A ' <i>Ca. Phytoplasma pini</i> '	Польша, Чехия	Kaminska, M., et. al., 2011
10	Сосна китайская – <i>P. tabuliformis</i>	16SrXXI-A ' <i>Ca. Phytoplasma pini</i> '	Польша, Чехия	Kaminska, M., et. al., 2011
11	Сосна красная-китайская – <i>P. tabuliformis</i> Carr.,	16SrXXI-A ' <i>Ca. Phytoplasma pini</i> '	Польша, Чехия	Kaminska, M., et. al., 2011
12	Сосна обыкновенная – <i>Pinus sylvestris</i> L.	16SrXXI-A ' <i>Ca. Phytoplasma pini</i> '	Германия, Испания, Литва, Польша, Хорватия	Schneider B., et. al., 2005; Sliwa H., et. al., 2008; Valiunas D., et. al., 2010; Jezic M., et. al., 2012
13	Сосна чёрная – <i>P. nigra</i> J.F. Arnold.	16SrXXI-A ' <i>Ca. Phytoplasma pini</i> '	Польша, Чехия	Kaminska, M., et. al., 2011
14	Тсуга канадская – <i>Tsuga canadensis</i> (L.) Carrierre,	16SrXXI-A ' <i>Ca. Phytoplasma pini</i> '	Польша, Чехия	Kaminska, M., et. al., 2011
15	Таксодиум двурядный – <i>Taxodium distichum</i> var. <i>imbri-carium</i> (L.) L. C. Rich.	16SrXXI-A ' <i>Ca. Phytoplasma pini</i> '	Китай	Huang S., et. al., 2011

В июле 2012 г. в поселке Усть-Кинельский Самарской области (СГСХА) были отобраны образцы древесных для проведения молекулярного анализа на выявление фитоплазм. Установлено, что в хвойных растениях семейства кипарисовых (*Cupressaceae*): туи западной (*Thuja occidentals* L.) и можжевельника казацкого (*Juniperus sabina* L.) с признаками хлороза, повышенной кустистости, отмиранием верхушек побегов и отдельных нижних ветвей выявлены ФП группы столбура

16SrXII-A '*Candidatus Phytoplasma solani*'. В конце мая 2013 г. образцы сосны обыкновенной, лиственницы европейской с признаками шаровидных ведьминых метел и хлороза хвои, а также можжевельника обыкновенного, ели голубой, ели обыкновенной и туи западной (пирамидальная форма) с признаками повышенной кустистости проанализированы ПЦР во ВНИИФ. Только в 2 образцах сосны с ведьминой метлой была обнаружена фитоплазма, но не удалось установить её

таксономическую принадлежность (предположительно группы летального хлороза кокоса - 16SrIV). Отсутствие фитоплазм в большинстве проанализированных образцов в мае 2013 г. согласуется с результатами зарубежных исследований. Отмечается, что фитоплазмы выявляются не во всех экземплярах древесных растений, даже при наличии типичных признаков или при обнаружении ФП в анализируемых растениях в прежние годы. И наоборот, ФП выявлялись в растениях без явных признаков фитоплазменного поражения. Исследователи высказываются о возможном существовании других неизвестных факторов, влияющих на проявление подобных признаков, или влияющих на концентрацию ФП и создающих трудности при их выявлении [22].

По нашему мнению, в данном случае имеет место более простые причины. Установлено, что ФП в растениях северного полушария способны сохраняться в сосудах корней многолетних растений. В период вегетации они пассивно мигрируют во вновь образуемые побеги и листья, достигая там максимальных концентраций, удобных для определения в середине и конце вегетации. Концентрация ФП также зависит от условий окружающей среды. К примеру, фитоплазмы столбура достигают максимальных концентраций, вызывающих патологические изменения у травянистых видов в июле-августе. В эти месяцы обычна жаркая погода и минимальное количество осадков, что способствует повышенной транспирации и более интенсивному подъёму ФП из корней в верхушки побегов. Вместе с тем, условия засухи снижают влагообеспеченность растений, что повышает концентрацию как ФП, так и обусловленной их воздействием повышенной концентрации эндогормонов. Последние, обуславливают деформацию органов растений. На многолетних растениях типичные признаки фитоплазменного поражения могут быть обусловлены критическим уровнем концентрации ФП в предшествующие сезоны, несмотря на то, что в текущем сезоне патогены не выявлялись. Признаки фитоплазменного поражения хвойных встречаются на всей территории России. В условиях Самарской области в урбанистических условиях признаки желтух отмечались более чем на 70% разных видов хвойных растений, а в природной среде на 25% деревьев сосны обыкновенной. Патологическое действие ФП не ограничивается деформацией органов растений, они могли быть одним из главных факторов суховершинности и отмирания многих видов древесных после остро-засушливых 2010-2011 гг.

Полученные данные по обнаружению ФП в хвойных многолетних растениях дополнили список растений многолетних резерваторов фитоплазм групп столбура и позволяют объяснить причины патологий типа желтух хвойных растений с невыясненной этиологией. Фитоплазмы

могут быть одним из главных факторов, вызывающих усыхание древесных и их слабое развитие после пересадки, а также усыхание листьев и хвои в засушливый период вегетации. По нашему убеждению, многие формы кустарниковых и древесных видов растений, в том числе хвойных, широко используемые при озеленении в своей основе имеют фитоплазмоносительство. Пирамидальные, карликовые, стелящиеся, пендульные и извитые формы, а также растения, успешно подвергающиеся стрижке-формировке и обладающие изменчивой окраской хвои и листвы, - главным образом размножающиеся вегетативным укоренением или прививкой, - свидетельствуют в пользу данного факта.

Автор выражает благодарность сотрудникам группы вирусологии Всероссийского НИИ фитопатологии за проведение молекулярно-генетических анализов.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Богоутдинов Д.З. Фитоплазмы в Самарской области // Материалы третьего Всероссийского съезда по защите растений, Санкт-Петербург, 2013, Т. 1. С. 208-209.
2. Можжаева К.А., Гирсова Н.В., Кастальева Т.Б., Богоутдинов Д.З., Инг-Минг Ли. Результаты и перспективы изучения фитоплазменных болезней растений // Материалы третьего Всероссийского съезда по защите растений, Санкт-Петербург, 2013, Т. 1. С. 260-262.
3. Davis R.E., Dally E.L., Zhao E.L., Lee I.-M., Jomantene R., Detweiler A.J., Putman M.L. First report of a new subgroup 16SrIX-E *Candidatus* Phytoplasmas phoenicum' - related phytoplasma, associated with Juniper witches' broom disease in Oregon USA // Plant pathology, 2010, 59, p. 1161.
4. Davis R., Zhao Y., Dally E.L., Lee I.-M., Jomantene R., Douglas S.M. *Candidatus* Phytoplasma pruni', a novel taxon associated with X-diseases of stone fruits, *Prunus* spp.: multilocus characterization based on 16S rRNA, secY, and ribosomal protein genes // International Journal of Systematic and Evolutionary Microbiology, 2013. 63. P. 766-776.
5. Gupta M.K., Samad A., Shasany A.K., Ajayakumar P.V., Alam M. First report of a 16SrVI '*Candidatus* phytoplasmas trifolii' isolate infecting Norfolk Island pine (*Araucaria heterophylla*) in India // New disease reports, 2009, N 19, p. 39.
6. Harrison N.A., Gundersen-Rindal D., Davis R.E. Genus I. "*Candidatus* Phytoplasma" gen. nov. IRPCM, 2011.
7. Huang S., Tiwari A.K., Rao G.P. '*Candidatus* Phytoplasma pini' affecting *Taxodium distichum* var. *imbri-carium* in China (Abstract) // Phytopathogenic Mollicutes, 2011. 1(2). P. 91-94.
8. IRPCM Phytoplasma/Spiroplasma Working Team - phytoplasma Taxonomy Group (IRPCM). '*Candidatus* Phytoplasma', a taxon for wall-less, non-helical prokaryotes that colonize plant phloem and insects / International Journal of Systemic and Evolutionary Microbiology, 2004. 54. P. 1243-1255.
9. Jezic M., Poljak I., Idzajt M., Curcovic-Perica M. First report of '*Candidatus* Phytoplasma pini' in Croatia (Abstract). In Citti et. al. (Eds.). Book of abstracts of the 19th Congress of international Organization for Mycoplasmaology, 2012. P. 158-159.

10. Jomantiene R., Valiunas D., Ivanauskas A., Ur-sanaviciene L., Staniulis J., Davis R.E. Larch is a new host for a group 16SrI, subgroup - B phytoplasma in Ukraine // Bulletin of insectology, 2011, n. 64, p.101-102.
11. Kaminska, M., Berniak H. detection and identification of three 'Candidatus Phytoplasma' species in Picea spp. trees in Poland // Journal of Phytopathology, 2011. 159. P. 796-798.
12. Kaminska, M., Berniak H. and Obdrzalek J. New natural host plants of 'Candidatus Phytoplasma pini' in Poland and the Czech Republic // Plant Pathology, 2011, vol. 60: 1023–1029.
13. Lee I.M., Gundersen-Rindal D.E., Davis R.E., Bartoszyk I.M. Revised classification scheme of phytoplasmas on RFLP analyses of 16SrRNA and ribosomal protein gene sequences. // International Journal of Systematic bacteriology, 1998. 48(4). P. 1153-1169.
14. Lee I.M., Davis R.E., Gundersen-Rindal D.E. Phytoplasma: Mollicutes. Annual Review Microbiology, 2000. 54. P. 221-255.
15. McCoy R.E., Caudwell A., Chang C.J., Chen T.A., Chykowski L.N., Cousin M.T., Dale J.L., de Leeuw G.T.N., Golino D.A., Hackett K.J., Kirkpatrick B.C., Marwitz R., Petzold H., Sinha R.C., Whitcomb R.F., Yang I.L., Zhu B.M., Seemüller E. Plant diseases associated with mycoplasma-like organisms. In The Mycoplasmas, 1989. vol. 5. Whitcomb R.F., Tully J.G. (ed.) Academic Press, New York.
16. Paltrinieri S., Pondrelli M., Bertaccini A. X-disease-related phytoplasmas in ornamental trees and shrubs with witches' broom and malformation symptoms. // J. plant pathology, 1998, v. 80, p. 261.
17. Quaglino F., Zhao Y., Casati P., Bulgari D., Bianco P.A., Wei W., Davis R.E. 'Candidatus Phytoplasma solani', a novel taxon associated with stolbur and bois noir related diseases of plants // International Journal of Systematic and Evolutionary Microbiology, 2013. doi: 1099/ijms.0.044750-0.
18. Schneider B, E. Torres, M.P. Martin, M. Schroder, H-D. Behnke B., Seemüller E. 'Candidatus Phytoplasma pini', a novel taxon from *Pinus silvestris* and *Pinus halepensis*. //International Journal of Systematic and Evolutionary Microbiology, 2005, vol. 55: 303-307.
19. Seemüller E., Garnier M., Schneider B. Mycoplasmas of plants and insects. In Molecular Biology and Pathogenicity of Mycoplasmas. Razin S., Hermann R. eds. Kluwer Academic Plenum Publishers, Dordrecht, Netherlands P. 91-116.
20. Sliwa H., Kaminska M., Korszun S., Adler P. Detection of 'Candidatus Phytoplasma pini' in *Pinus sylvestris* trees in Poland / Journal of Phytopathology, 2008. 156 (2). P. 88-92.
21. Valiunas D., Jomantiene R., Ivanauskas A., Schneideris D., Staniulis J., Davis R.E. A possible threat to the timber industry 'Candidatus phytoplasma pini' in scotch pine (*Pinus silvestris* L.) in Lithuania. In book: Current status and perspectives in phytoplasmas diseases and management. Sitges, Spain, 2010, p. 38.
22. Weintraub P.G., Beanland L. Insect vector of phytoplasma // Annual Review of Entomology, 2006. 51. P. 91-111.

PHYTOPLASMA DISEASES OF THE CONIFERS

© 2014 D.Z. Bogoutdinov

For the first time in Russia in the Samara region are revealed phytoplasmas of the group 16SrXII-A of 'Candidatus Phytoplasma solani' in the juniper (*Juniperus sabina* L.) and in the cedar (*Thuja occidentals* L.), and also not identified phytoplasmas in the pine (*Pinus silvestris* L.).

Key words: phytoplasmas of the group of Stolbur 16SrXII- A 'Candidatus phytoplasma solani', juniper (*Juniperus sabina* L.), cedar (*Thuja occidentals* L.), pine (*Pinus silvestris* L.), Samara region of Russia