

МРНТИ: 68.03.07

А.К. САДАНОВ¹, Ж.Б. СУЛЕЙМЕНОВА^{1*}, Э.Т. ИСМАИЛОВА¹,
О.Н. ШЕМШУРА¹, Б.Б. БАЙМАХАНОВА¹, Г.Б. БАЙМАХАНОВА¹, Н.А. БИСЬКО²,
А.Е. МОЛЖИГИТОВА¹, А.Е. ЕЛУБАЕВА¹, Д.А. ТЛЕУБЕКОВА¹

¹Научно-производственный центр микробиологии и вирусологии, Алматы, Казахстан

²Институт ботаники имени Н.Г. Холодного, Киев, Украина

*e-mail: msyban@mail.ru

БАКТЕРИАЛЬНЫЙ ОЖОГ ПЛОДОВЫХ КУЛЬТУР

doi: 10.53729/MV-AS.2023.01.02

Аннотация

Настоящий обзор посвящен бактериальному ожогу плодовых культур, который является опасным карантинным заболеванием, наносящим огромный экономический ущерб по всему миру. Заболевание распространилось более чем в 50 странах с момента его открытия в 1870-е годы. Возбудитель заболевания *Erwinia amylovora* включен в единый перечень карантинных объектов Евразийского экономического союза. Данное заболевание вызывает серьезное поражение или гибель плодовых деревьев в питомниках, садах, замедление наступления плодоношения у молодых деревьев, потери урожая.

Ключевые слова: бактериальный ожог, плодовые культуры, *Erwinia amylovora*, меры борьбы.

Бактериальный ожог плодовых культур является наиболее опасным заболеванием плодовых культур. Впервые заболевание было описано в 1780 г. в Северной Америке. В 1924 году болезнь проникла в Италию и широко распространилась по всей территории Европы. К настоящему времени заболевание выявлено в 50 странах мира [1,2]. Бактериальный ожог обнаружен и в странах бывшего СССР, в том числе России, Белоруссии, Украине, Молдавии, Латвии, Казахстане, Киргизии [3,4]. На территории Казахстана бактериальный ожог был впервые зарегистрирован в начале 2000-х годов и его ареал из года в год расширяется. За последние семь лет площади садов, зараженные данной болезнью, выросли в 40 раз. Это связано с благоприятными для развития болезни природно-климатическими условиями (умеренная температура и высокая влажность воздуха), особенно на юге и юго-востоке Казахстана, являющихся основными зонами выращивания плодовых культур. На сегодняшний день, по данным Агентства по статистике Республики Казахстан, занятая площадь под посадками яблони и груши составляет свыше 36 000 га, из них около 3 100 га занимает сорт яблони «Апорт». Зараженная бактериальным ожогом площадь составляет 419,9 га, в том числе по областям: в Алматинской – 342,0 га, Жамбылской-72,6 га и Туркестанской -5,3 га.

Симптомы заболевания начинают проявляться на верхушках деревьев, затем переходят на более крупные ветки, а впоследствии распространяются на ствол и даже корни растения, вызывая отмирание всего дерева [5-7]. Наиболее подвержены заражению цветки, однолетние побеги и молодые завязи. Первые симптомы заболевания начинают проявляться весной во время цветения. На листьях вначале появляются небольшие красноватые (у яблони) и темно-бурые (у груши) некрозы между жилками, которые распространяются к периферии, увеличиваясь в размере [8]. Молодые зеленые побеги увядают, а верхушки их загибаются в виде посоха. Пораженные цветки и листья не опадают, долго оставаясь на ветвях, напоминая опаленные после пожара деревья (рисунок 1, а, б). Отсюда и название заболевания – «ожог». Сначала инфицированная ткань становится блестящей и покрывается маслянистой субстанцией, затем некротизируется и ссыхается [9]. Во влажную погоду наблюдается обильное выделение бактериального экссудата молочно-белого, затем желтовато-янтарного цвета (рисунок 1, в, г). Пораженные

цветки становятся водянистыми на вид, затем темнеют и увядают. Засохшие цветки яблони приобретают темно коричневую окраску, груши – почти черную, которые не опадают в течение сезона. Кора растрескивается, в сухую погоду подсыхает и четко отделяется от здоровой ткани. Древесина под корой в местах поражения приобретает желто-оранжевый цвет. На незрелых плодах появляются маслянистые красно-бурые или черно-бурые пятна, за короткое время охватывающие всю поверхность плода. Со временем плоды мумифицируются. Наиболее интенсивно развитие заболевания происходит весной во время цветения и роста побегов и осенью во время вторичного цветения.

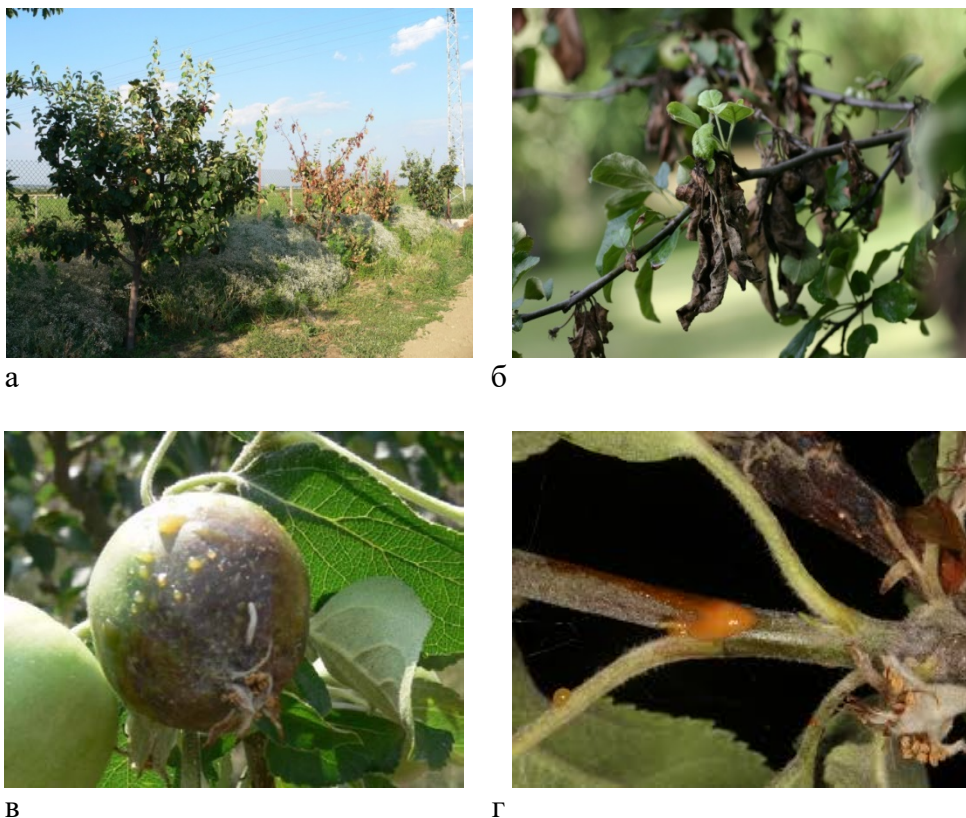


Рисунок 1 - Симптомы поражения бактериальным ожогом

Различают несколько форм болезни: ожог плодов, побегов и цветков. Наиболее опасен ожог цветков, так как через завязь бактерии легко проникают в растения и распространяются по всем его органам. Кроме того, бактерии, возбудители бактериального ожога, могут находиться на поверхности растений в эпифитном состоянии. Именно эпифитные популяции бактерий на цветках в большинстве случаев служат причиной распространения бактериального ожога [10]. Если сильное размножение бактерий весной совпадает с цветением яблони или груши, существует опасность эпифитотии болезни. Крупные эпифитные популяции патогена обычно развиваются на рыльцах пестиков. Переносчиками инокулюма являются муравьи, пчелы, осы, шмели, мухи и тли [11]. Активная инфекция может развиваться в ходе выпадения дождей, обильной росы, смывающей бактерии с рыльца. Бактерии проникают в отверстия нектарников, где находят благоприятную среду для своего развития. На большие расстояния инфекция переносится птицами (преимущественно скворцами и дроздами) или с посадочным и прививочным материалом [12].

Современные сорта яблони и груши имеют различную восприимчивость к поражению бактериальным ожогом. Иммунных сортов на сегодняшний день нет. По данным различных литературных источников и наших наблюдений, очень восприимчивы сорта яблони: Айдаред, Джонатан, Гала, Женева, Апорт, Спартан, Чемпион, Скороплодное, Низкорослое,

Мартовское, Витязь. Средне и мало восприимчивые сорта: Джонаголд, Амбир, Голден Делишес, Ред делишес, Кортланд, Пауларед, Пинова, Жигулевское, Красивое, Вишневое, Мечта, Мелба.

Возбудителем бактериального ожога является бактерия *Erwinia amylovora* - подвижные грамотрицательные палочки размером 1,1–1,6 x 0,6–0,9 мкм с закругленными концами и с большим количеством жгутиков на поверхности. Спор и капсул не образуют. Оптимальная температура роста 26–28°C, минимальная – 6–8°C, погибают при 43–50°C. Весной, с началом сокодвижения, бактерии активизируются и начинают активно размножаться. Этому способствует высокая влажность воздуха и температура выше 18–20°C. В результате размножения бактерий появляется экссудат, выделяющийся на поверхность в виде мелких капель или незаметной тонкой пленки и являющийся источником первичной инфекции цветков, листьев и однолетних побегов.

Меры борьбы с бактериальным ожогом.

Из существующих мер борьбы ни одна не дает полной гарантии оздоровления зараженной плантации. Поэтому основными элементами предотвращения распространения бактериального ожога плодовых являются использование здорового посадочного материала и своевременное выявление очагов инфекции.

Агротехнические мероприятия:

-Выкорчевка и сжигание больных растений в насаждениях, где усыхание деревьев достигает 30% и более. При слабом заражении деревьев допускается удаление отдельных пораженных ветвей кроны с захватом здоровой ткани 20–40 см ниже видимой границы поражения. Обязательным элементом является дезинфекция режущего инструмента 10% раствором медного купороса, 70% метиловым спиртом или 10% раствором гипохлорида Na, дезинфекция срезов 1% раствором медного купороса и обмазка их садовым варом, либо эмульсионной краской.

-Удаление дикорастущих кормовых растений (боярышник и кизильник, произрастающих на расстоянии ближе 500 м от сада).

-Борьба с переносчиками болезни: тля, медяница и др. насекомые.

-Отказ от внесения повышенных доз азотных удобрений, повышение неспецифической устойчивости растений к неблагоприятным факторам окружающей среды.

-Отказ от летних зеленых операций в зараженных насаждениях.

Химический метод борьбы.

-Для борьбы с бактериальным ожогом плодовых широко применяются медьсодержащие препараты [13]. Однако установлено, что в присутствии меди бактерии *E. amylovora* переходят в жизнеспособное, но некультивируемое состояние. В таком состоянии бактерии жизнеспособны, но не растут на твердой питательной среде. В благоприятных условиях бактерии восстанавливают свою патогенность и опасны для растений-хозяев [14]. Применение медьсодержащих препаратов из-за особенностей поведения бактерий в присутствии меди рекомендуется в начале сезона, так как это помогает уменьшить количество инокулюма в саду [15].

-Начиная с 1950-х годов для борьбы с бактериальным ожогом стали применяться антибиотики, а именно, стрептомицин, окситетрациклин, касумин и гентамицин [16]. Наиболее эффективными из них оказались стрептомицин и касумин [17]. Препараты на основе антибиотиков имеют определенные преимущества в борьбе с фитопатогенными микроорганизмами по сравнению со многими бактерицидами. В частности, антибиотики применяются в очень низких концентрациях, и на единицу обрабатываемой площади их попадает значительно меньше, чем других препаратов. Основным недостатком применения антибиотиков состоит в том, что у бактерий быстро развивается к ним резистентность, а сами антибиотики попадают в организм человека [18]. Через месяц после применения антибиотиков в саду бактериальные популяции не отличаются от таковых бактерий, не обработанных антибиотиками.

Более того, так как стрептомицин продуцируется почвенными актиномицетами, обработка растений этим антибиотиком не меняет микрофлору почв и не приводит к увеличению у бактерий генов устойчивости к данному антибиотику [19]. Чтобы уменьшить частоту возникновения штаммов бактерий, устойчивых к антибиотикам, их используют только при высоком риске поражения бактериальным ожогом.

Эксперты отмечают, что в странах Евросоюза запрещается применение антибиотиков в растениеводстве и садоводстве. Но в связи с тем, что экономическая вредоносность этого карантинного объекта очень велика в сезоны, благоприятные для распространения бактериального ожога, иногда разрешается использование стрептомицина только в конвенциональных садах на очень ограниченной территории и под очень строгим контролем. При точном соблюдении доз, сроков применения и периода ожидания вполне возможно получение продукции, не содержащей ни сам антибиотик, ни продукты его разложения.

Биологический метод борьбы.

В последнее время появились многообещающие данные успешного использования некоторых видов бактерий-антагонистов в борьбе с бактериальным ожогом [20-22]. Виды *Bacillus* имеют долгую историю применения в биоконтроле и стимулировании роста сельскохозяйственных культур [23, 24]. К настоящему времени выявлено несколько видов бактерий, которые потенциально можно использовать против бактериального ожога, в том числе, относящиеся к роду *Pseudomonas*: *P. fluorescens* A506 [25] и EPS62e [26], *P. orientalis* F9 [27], *P. vancouverensis* L16, *P. chlororaphis* 3M, *P. congelans* 35M, *P. protegens* 59M [28]; роды *Pantoea*: *P. agglomerans* E325 [29], и *P. agglomerans* 10c [30], *P. vagans* C9-1 [31]; роды *Bacillus*: *B. subtilis* QST713 [24], *B. amyloliquefaciens* [32]; *Paenibacillus polymixa* N179 [33]; *Lactobacillus plantarum* [34]; *Serratia sp.* [35].

Среди них несколько были коммерциализированы как биопестициды, такие как BlightBan A506 (*P. fluorescens* A506, США), Bloomtime (*P. agglomerans* E325, США), BlossomBless (*P. agglomerans* P10c, Новая Зеландия), BlightBan C9-1 (*P. vagans* C9-1, США), Serenade (*B. subtilis* QST713, США), Biopro (*B. subtilis* BD170, Швейцария) и BlossomProtect (*Aureobasidium pulllans*, Германия).

Однако, проблема заключается в том, что микробы-антагонисты, эффективные *in vitro*, могут недостаточно успешно поддерживать порог популяции в природных условиях из-за сложности выживания в естественной среде обитания. Так, было установлено, что эффективность *Pseudomonas fluorescens* EPS62e зависит от успешной колонизации бактерий на поверхности растений. При изучении динамики численности популяции *P. fluorescens* A506, было установлено, что размер популяции бактерий-антагонистов уменьшался с увеличением возраста цветков. При этом рост популяции *P. fluorescens* A506 сопровождался уменьшением популяции *E. amylovora* и ослаблением болезни [36]. Высокую эффективность в условиях сада показало совместное использование бактерий-антагонистов с серной известью (полисульфид кальция), которая применяется для уменьшения плодовой нагрузки на растения [37].

Таким образом, несмотря на значительные усилия по борьбе с бактериальным ожогом во всем мире, болезнь по-прежнему вызывает большие потери урожая и гибель деревьев. Характерные симптомы бактериального ожога – появление экссудата, образование язв и согнутых побегов, “мраморность” на срезе коры и др., облегчают его диагностику. Однако, данное заболевание можно спутать с другим, похожим на бактериальный ожог, заболеванием – некрозом коры плодовых деревьев, которое вызывается бактерией *Pseudomonas syringae*. Все это вызывает необходимость разработки быстрых и надежных методов диагностики бактериального ожога плодовых. Кроме того, несмотря на то, что эффективность биопестицидов для борьбы с бактериальным ожогом вызывает споры, данная проблема представляет большой интерес не только в Казахстане, но и во всем мире.

Финансирование

Данное исследование финансировалось Комитетом науки Министерства науки и высшего образования Республики Казахстан (грант № BR 8574022).

Литература:

- 1 Van der Zvet T., Keil H. *Fire blight: a bacterial disease of rosaceous plants*. Washington D.C., 1979.
- 2 Rosselo M., Pefialver J., Llop P., Gorris M.T., Chartie, R., Garcia F., Monton C., Cambra M., Lopez M.M. Identification of an *Erwinia* sp. from Different *Erwinia amylovora* and Responsible for Necrosis on Pear Blossoms. *Canadian Journal of Plant Pathology*, 2006, 28: 30-41 (<http://dx.doi.org/10.1080/07060660609507268>).
- 3 Doolotkeldieva T., Bobusheva S. Fire blight disease caused by *Erwinia amylovora* on *Rosaceae* plants in Kyrgyzstan and biological agents to control this disease. *Advances in Microbiology*, 2016, 6: 831–851 (DOI: 10.4236/aim.2016.611080).
- 4 Drenova N.V., Isin M.M., Dzhamurzina A.A., Zharmukhamedova G.A., Aitkulov A.K. Bacterial fire blight in the Republic of Kazakhstan. *Plant Health: Research and Practice*, 2013, 3: 44–48.
- 5 McManus P.S., Jones A.L. Role of wind-driven rain, aero-sols, and contaminated budwood in incidence and spatial pat-tern of fire blight in an apple nursery. *Plant Disease*, 1994, 78: 1059-1066.
- 6 Vrancken K., Holtappels M., Schoofs H., Deckers T., Valcke R. Pathogenicity and Infection Strategies of the Fire Blight Pathogen *Erwinia amylovora* in *Rosaceae*: State of the Art. *Microbiology*, 2013, 159: 823-832 (<http://dx.doi.org/10.1099/mic.0.064881-0>).
- 7 Schroth M.N., Thomson S.V., Hildebrand D.C., Moller W.J. Epidemiology and Control of Fire Blight. *Annual Review of Phytopathology*, 1974, 12: 389-412 (<http://dx.doi.org/10.1146/annurev.py.12.090174.002133>).
- 8 Zhao Y., Tian Y., Wang L., Geng G., Zhao W., Hu B., Zhao Y. Fire blight disease, a fast-approaching threat to apple and pear production in China. *Journal of Integrative Agriculture*, 2019, 18(4): 815-820 ([https://doi.org/10.1016/S2095-3119\(18\)62033-7](https://doi.org/10.1016/S2095-3119(18)62033-7)).
- 9 Steiner P.W. *Integrated orchard and nursery management for the control of fire blight*. In: *Fire Blight: The Disease and its Causative Agent, Erwinia amylovora*/ Vanneste J.L. (eds.), CABI, Wallingford, 2000.
- 10 Pusey P.L., Curry E.A. Temperature and pomaceous flower age related to colonization by *Erwinia amylovora* and antagonists. *Phytopathology*, 2004, 94: 901-911 (DOI: 10.1094/PHYTO.2004.94.8.901).
- 11 Braun P.C. Epidemiology of fire blight of floricanne fruiting red raspberry caused by *Erwinia amylovora*. *Canadian Journal of Plant Pathology*, 2006, 28(1): P. 95-99 (<https://doi.org/10.1080/07060660609507275>).
- 12 Сметник А.И. Бактериальный ожог плодовых. *Защита и карантин растений*, 2003, 10: 38-39.
- 13 Paulin J.P., Lachaud G. Comparison of the Efficiency of Some Chemicals in Preventing Fire Blight Blossom Infections. *Acta Horticulturae*, 1984, 151: 209-214 (<http://dx.doi.org/10.17660/ActaHortic.1984.151.27>).
- 14 Ordax M. Survival strategy of *Erwinia amylovora* against copper: induction of the viable-but-nonculturable state. *Applied and Environmental Microbiology*, 2006, 72: 3482-3488.
- 15 Mikiciński A., Puławska J., Molzhigitova A., Sobiczewski P. Bacterial species recognized for the first time for its biocontrol activity against fire blight (*Erwinia amylovora*). *European Journal of Plant Pathology*, 2020, 156: 257-272 (DOI: 10.1007/s10658-019-01885-x).
- 16 Fried A., Schell E., Moltmann E., Wensing A. Control of fire blight in Baden-Württemberg at the end of the streptomycin era. *Acta horticulturae*, 2013, 1056: 55-56 (DOI: 10.17660/ActaHortic.2014.1056.5).
- 17 McGhee G.C., Sundin G.W. Kasumin: field results for fire blight management and evaluation of the potential for spontaneous resistance development in *Erwinia amylovora*. *Acta Horticulturae*, 2011, 896: 519-525 (DOI: 10.17660/ActaHortic.2011.896.76).
- 18 Duffy B. Environmental monitoring of antibiotic resistance and impact of streptomycin use on orchard bacterial communities. *Acta Horticulturae*, 2011, 896: 483-488 (DOI: 10.17660/ActaHortic.2011.896.71).
- 19 Walsh F. Streptomycin use in apple orchards did not adversely alter the soil bacterial communities. *13th ISHS Int. Fire Blight*, 2013: 68.

- 20 Johnson K.B., Stockwell V.O. Management of Fire Blight: A Case Study in Microbial Ecology. *Annual Review of Phytopathology*, 1998, 36: 227-248. (<http://dx.doi.org/10.1146/annurev.phyto.36.1.227>).
- 21 Nucló R., Johnson K.B., Sugar D., Stockwell V.O. Importance of Secondary Spread of Bacterial Antagonists in the Biological Control of *E. amylovora*. *Acta Horticulturae*, 1996, 411: 297. (<http://dx.doi.org/10.17660/ActaHortic.1996.411.59>).
- 22 Choi D.H., Choi H.J., Kim Y.J., Lim Y.-J., Lee I., Park D.H. Screening of Bacterial Antagonists to Develop an Effective Cocktail against *Erwinia amylovora*. *Research in Plant Disease*, 2022, 28(3): 152-161 (DOI: <https://doi.org/10.5423/RPD.2022.28.3.152>).
- 23 Raafat K.H., Hanan S.A., Rabab A.M. Antibacterial Activity of Antagonistic Bacteria and Plant Extract on *Erwinia amylovora* the Pathogen of Fire Blight Disease in Egypt. *International Journal of Phytopathology*, 2015, 4: 73-79 (DOI: [10.33687/phytopath.004.02.1187](https://doi.org/10.33687/phytopath.004.02.1187)).
- 24 Brogginì G.A.L., Duffy B., Holliger E., Scharer H.-J., Gessler C., Patocchi A. Detection of the fire blight biocontrol agent *Bacillus subtilis* BD170 (Biopro (R)) in a Swiss apple orchard. *European Journal of Plant Pathology*, 2005, 111(2): 93-100 (DOI: [10.1007/s10658-004-1423-x](https://doi.org/10.1007/s10658-004-1423-x)).
- 25 Wilson M., Lindow S.E. Interaction between the biological control agent *Pseudomonas fluorescens* A506 and *Erwinia amylovora* in pear blossoms. *Phytopathology*, 1993, 83: 117-123 (DOI: [10.1094/Phyto-83-117](https://doi.org/10.1094/Phyto-83-117)).
- 26 Cabrefiga J., Bonaterra A., Montesinos E. Mechanisms of antagonism of *Pseudomonas fluorescens* EPS62e against *Erwinia amylovora*, the causal agent of fire blight. *International Microbiology*, 2007, 10: 123-132 (DOI: [10.2436/20.1501.01.18](https://doi.org/10.2436/20.1501.01.18)).
- 27 Zengerer V., Schmid M., Bieri M., Müller D. C., Remus-Emsermann M. N. P., Ahrens C. H. *Pseudomonas orientalis* F9: a potent antagonist against phytopathogens with phytotoxic effect in the apple flower. *Frontiers in Microbiology*, 2018, 9: 145 (DOI: [10.3389/fmicb.2018.00145](https://doi.org/10.3389/fmicb.2018.00145)).
- 28 Mikiciński, A., Puławska, J., Molzhigitova, A., Sobiczewski, P. Bacterial species recognized for the first time for its biocontrol activity against fire blight (*Erwinia amylovora*). *European Journal of Plant Pathology*, 2020, 156: 257-272 (DOI: [10.1007/s10658-019-01885-x](https://doi.org/10.1007/s10658-019-01885-x)).
- 29 Pusey P.L. Biological control agents for fire blight of apple compared under conditions limiting natural dispersal. *Plant Disease*, 2002, 86: 639-644
- 30 Vanneste J.L., Cornish D.A., Yu J., Voyle M.D. P10c: a new biological control agent for control of fire blight which can be sprayed or distributed using honey bees. *Acta Horticulturae*, 2002, 590: 231-235 (DOI: [10.17660/ActaHortic.2002.590.33](https://doi.org/10.17660/ActaHortic.2002.590.33)).
- 31 Smits T.H.M., Rezzonico F., Kamber T., Goesmann A., Ishimaru C.A., Stockwell V.O. Genome sequence of the biocontrol agent *Pantoea vagans* strain C9-1. *Journal of Bacteriology*, 2010, 192: 6486-6487 (DOI: [10.1128/JB.01122-10](https://doi.org/10.1128/JB.01122-10)).
- 32 Shemshura O., Alimzhanova M., Ismailova E., Molzhigitova A., Daugaliyeva S., Sadanov A. Antagonistic activity and mechanism of a novel *Bacillus amyloliquefaciens* MB40 strain against fire blight. *Journal of Plant Pathology*, 2020, 102: 825-833 (DOI: [10.1007/s42161-020-00515-4](https://doi.org/10.1007/s42161-020-00515-4)).
- 33 Fallahzadeh-Mamaghani V., Golchin S., Shirzad A., Mohammadi H., Mohamadivand F. Characterization of *Paenibacillus polymixa* N179 as a robust and multifunctional biocontrol agent. *Biological Control*, 2021, 154: 104505 (DOI: [10.1016/j.biocontrol.2020.104505](https://doi.org/10.1016/j.biocontrol.2020.104505)).
- 34 Roselló G., Bonaterra A., Francés J., Montesinos L., Badosa E., Montesinos E. Biological control of fire blight of apple and pear with antagonistic *Lactobacillus plantarum*. *European Journal of Plant Pathology*, 2013, 137: 621-633 (DOI: [10.1007/s10658-013-0275-7](https://doi.org/10.1007/s10658-013-0275-7)).
- 35 Sharifazizi M., Harighi B., Sadeghi, A. Evaluation of biological control of *Erwinia amylovora*, causal agent of fire blight disease of pear by antagonistic bacteria. *Biological Control*, 2017, 104: 28-34 (DOI: [10.1016/j.biocontrol.2016.10.007](https://doi.org/10.1016/j.biocontrol.2016.10.007)).
- 36 Lindow S.E., Suslow T.V. Temporal dynamics of the biocontrol agent *Pseudomonas fluorescens* strain A506 in flowers in inoculated pear trees. *Phytopathology*, 2003, 93(6): 727-737 (DOI: [10.1094/PHYTO.2003.93.6.727](https://doi.org/10.1094/PHYTO.2003.93.6.727)).
- 37 Johnson K. B., Temple T. N. Evaluation of strategies for fire blight control in organic pome fruit without antibiotics. *Plant Disease*, 2013, 97: 402-409 (DOI: [10.1094/PDIS-07-12-0638-RE](https://doi.org/10.1094/PDIS-07-12-0638-RE)).

А.К. САДАНОВ¹, Ж.Б. СУЛЕЙМЕНОВА^{1*}, Э.Т. ИСМАИЛОВА¹,
О.Н. ШЕМШУРА¹, Б.Б. БАЙМАХАНОВА¹, Г.Б. БАЙМАХАНОВА¹, Н.А. БИСЬКО²,
А.Е. МОЛЖИГИТОВА¹, А.Е. ЕЛУБАЕВА¹, Д.А. ТЛЕУБЕКОВА¹

¹Микробиология және вирусология ғылыми – өндірістік орталығы, Алматы, Қазақстан

²Н.Г. Холодный атындағы Ботаника институты, Киев, Украина

*e-mail: msyban@mail.ru

ЖЕМІС ДАҚЫЛДАРЫНЫҢ БАКТЕРИЯЛЫҚ КҮЙІК АУРУЫ

Түйін

Бұл шолу бүкіл әлем бойынша орасан зор экономикалық зиян келтіретін қауіпті карантиндік санатқа жататын жеміс дақылдарының бактериялық күйік ауруына арналған. Өсімдіктердің бұл ауру түрі 1870 жылдан бері 50-ден астам елде таралды. *Erwinia amylovora* ауруының қоздырғышы Еуразиялық экономикалық одақтың карантиндік объектілерінің бірыңғай тізіміне енгізілген. Бұл ауру питомниктердегі, бау-бақшалардағы жеміс ағаштарының түгелдей немесе қатты зақымдануына, жас ағаштардың жеміс берудің баяулауына, өнімнің төмендеуіне әкеледі.

Кілтті сөздер: бактериялық күйік, жеміс дақылдары, *Erwinia amylovora*, бақылау шаралары

IRSTI: 68.03.07

A.K. SADANOV¹, Z.B. SULEIMENOVA^{1*}, E.T. ISMAILOVA¹,
O.N. SHEMSHURA¹, B.B. BAIMAKHANOVA¹, G.B. BAIMAKHANOVA¹,
N.A. BISCO², A.E. MOLZHIGITOVA¹, A.E. YELUBAYEVA¹, D.A. TLEUBEKOVA¹

¹Research and Production Center for Microbiology and Virology, Almaty, Kazakhstan

²N.G. Kholodny Institute of Botany, Kiev, Ukraine

*e-mail: msyban@mail.ru

FIRE BLIGHT OF FRUIT CROPS

doi: 10.53729/MV-AS.2023.01.02

Abstract

Fire blight of fruit crops is a dangerous quarantine disease that causes huge economic damage around the world. This disease has spread more than 50 countries since its discovery in the 1870s. The causative agent of the disease *Erwinia amylovora* is included in the unified list of quarantine objects of the Eurasian Economic Union. This disease causes serious damage and death of fruit trees in nurseries, orchards, slowing the onset of fruiting in young trees, crop losses.

Keywords: fire blight, fruit crops, *Erwinia amylovora*, control measures

Fire blight of fruit crops is the most dangerous disease of fruit crops. The disease was first described in 1780 in North America. In 1924 this disease appeared in Italy and spread widely throughout Europe. To date, the disease has been identified in 50 countries around the world [1, 2]. Bacterial fire blight has also been identified in the countries of the former Soviet Union, including Russia, Belarus, Ukraine, Moldova, Latvia, Kazakhstan, and Kyrgyzstan [3, 4]. On the territory of Kazakhstan, fire blight was first registered in the early 2000s, and its range is expanding from year to year. Over the past seven years, the area of orchards infected with this disease has grown 40 times. This is due to favorable natural and climatic conditions for the development of the disease (moderate temperature and high air humidity), especially in the south and southeast of Kazakhstan, which are the main areas for growing fruit crops. To date, according to the Agency on Statistics of the Republic of Kazakhstan, the occupied area under plantings of apple and pear is over 36 000 hectares, of which about 3,100 hectares are occupied by the Aport apple variety. The

area infected with bacterial burn is 419.9 hectares, including 342.0 hectares in Almaty region, 72.6 hectares in Zhambyl region and 5.3 hectares in Turkestan region.

Symptoms of the disease begin to appear on the tops of the branches, then move to larger branches, and subsequently spread to the trunk and even the roots of the plant, causing the death of the entire tree [5-7]. Flowers, annual shoots and young ovaries are most susceptible to infection. The first symptoms of the disease begin to appear in the spring during flowering. Small reddish (in apple) and closely brown (in pear) necrosis appear on the leaves between the veins, which spread to the periphery, increasing in size [8].

Young green shoots wither, and their tops are bent in the form of a staff. Affected flowers and leaves do not fall off, remain on the branches for a long time and in this way resemble trees scorched after a fire, hence the name of the disease “fire blight” (Figure 1, a, b). First, the infected tissue becomes shiny and covered with an oily substance, then it becomes necrotic and shrinks [9]. In humid weather, there is an abundant release of bacterial exudate of milky white, then yellowish-amber color (Figure 1, c, d). Affected flowers become watery in appearance, then darken and wither. Dried apple flowers become dark brown, pears almost black, which do not fall off during the season. The bark cracks, dries up in dry weather and is clearly separated from healthy tissue. The wood under the bark in the affected areas acquires a yellow-orange color. On immature fruits, oily reddish-brown or silver-brown spots appear, covering the entire surface of the fruit in a short time. Over time, the fruits mummify. The most intensive development of the disease occurs in spring during flowering and shoot growth and in autumn during secondary flowering.

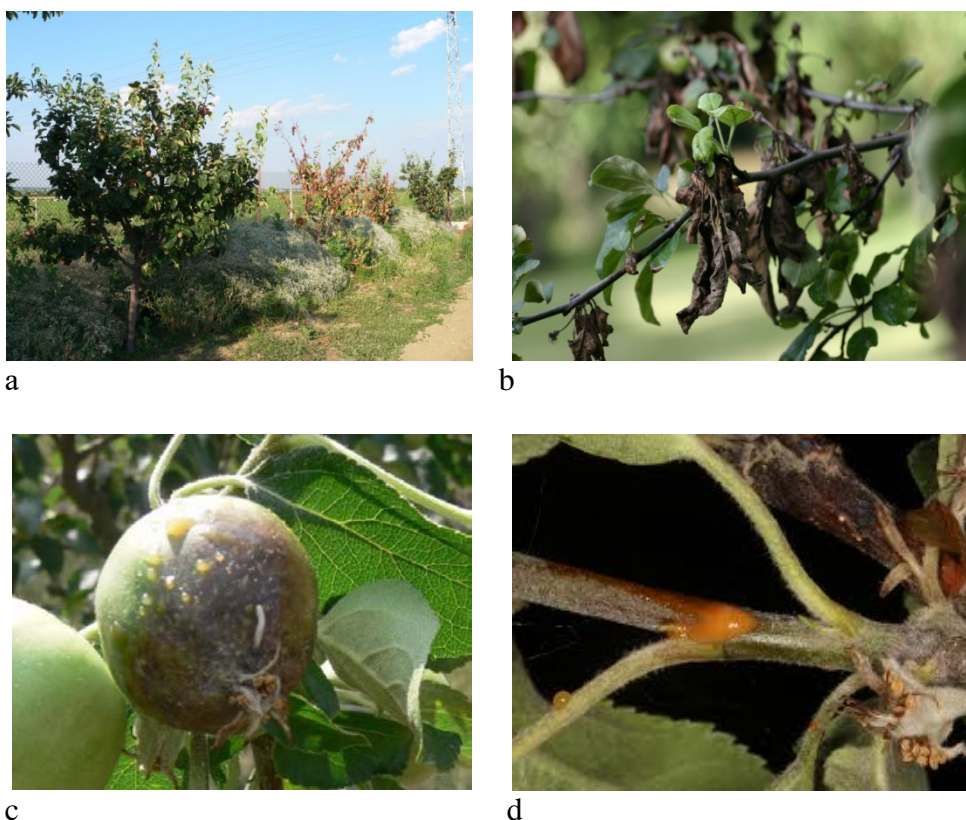


Figure 1 - Fire blight symptoms

There are several forms of the disease: fire blight of fruits, shoots and flowers. The fire blight of flowers is the most dangerous, since bacteria easily penetrate into plants through the ovary and spread to all its organs. In addition, bacteria that cause bacterial fire can be on the surface of plants in an epiphytic state. It is the epiphytic populations of bacteria on flowers that in most cases cause the spread of fire blight [10]. If a strong reproduction of bacteria in the spring coincides with the flowering of an apple or pear tree, there is a danger of an epiphytosity of the disease. Large epiphytic populations of the pathogen usually develop on the stigmas of pistils. Ants, bees, wasps,

bumblebees, flies, and aphids are carriers of the inoculum [11]. Active infection can develop during rainfall, heavy dew, washing bacteria from the stigma. Bacteria penetrate into the openings of nectaries, where they find a favorable environment for their development. Over long distances, the infection is transmitted by birds (mainly starlings and thrushes) or with planting and grafting material [12].

Modern varieties of apple and pear have different susceptibility to fire blight. There are currently no immune varieties. According to various literary sources and our observations, apple tree varieties are very susceptible: Idared, Jonathan, Gala, Geneva, Aport, Spartan, Champion, Skoroplodnoe, Low-growing, Martovskoye, Vityaz. Medium and slightly susceptible varieties: Jonagold, Empire, Golden Delicious, Red Delicious, Cortland, Paulared, Pinova, Zhigulevskoe, Krasivoe, Cherry, Mechta, Melba.

The causative agent of fire blight is *Erwinia amylovora* - gram-negative bacteria of 1.1-1.6 x 0.6-0.9 microns in size with rounded ends and a large number of flagella on the surface. Spores and capsules do not form. The optimum growth temperature is 26-28°C, the minimum is 6-8°C, and they die at 43-50°C. In the spring, with the beginning of sap flow, bacteria become active and begin to multiply actively. This is facilitated by high humidity and temperatures above 18-20°C. As a result of the multiplication of bacteria, an exudate appears, which is released to the surface in the form of small drops or an imperceptible thin film and is the source of the primary infection of flowers, leaves and annual shoots.

Strategies for fire blight control.

Of the existing control measures, none of them fully guarantees the recovery of an infected plantation, therefore, the main elements for preventing the spread of fruit blight are the use of healthy planting material and the timely detection of foci of infection.

Agro technical:

- Uprooting and burning of plants in plantations where the drying of trees reaches 30% or more. With a weak infection of trees, it is allowed to remove individual affected branches of the crown with the capture of healthy tissue 20-40 cm. below the visible border of the lesion. An obligatory element is the disinfection of the cutting tool with 10% copper sulphate solution, 70% methyl alcohol or 10% Na hypochlorite solution, disinfection of sections with 1% copper sulphate solution and coating them with garden pitch or emulsion paint.

-Removal of wild fodder plants (hawthorn and cotoneaster growing at a distance closer than 500m from the garden).

-Combating vectors of the disease: aphids, sucker and other insects.

-Refusal to apply high doses of nitrogen fertilizers, increase the non-specific resistance of plants to adverse environmental factors.

-Abandonment of summer green operations in infested stands.

Chemical control.

- Copper-containing preparations are widely used to combat bacterial fruit burn [13]. However, it was found that in the presence of copper, *E. amylovora* pass into a viable but uncultivated state. In this state, the bacteria are viable, but do not grow on a solid nutrient medium. Under favorable conditions, bacteria restore their pathogenicity and danger to host plants [14]. The use of copper-containing preparations, due to the behavior of bacteria in the presence of copper, is recommended at the beginning of the season, as this helps to reduce the number of inoculum in the garden [15].

-Since the 1950s, antibiotics, such as streptomycin, oxytetracycline, casumin and gentamicin, have been used against fire blight [16]. The most effective were streptomycin and kasumin [17]. Antibiotic-based preparations have certain advantages in the fight against phytopathogenic microorganisms compared to many bactericides. In particular, antibiotics are used in very low concentrations and per unit of cultivated area, they get much less than other drugs. The main disadvantage of using antibiotics is that bacteria quickly develop resistance to them, and the antibiotics themselves enter the human body [18]. One month after the antibiotics were applied, the bacterial populations in the garden did not differ from the bacterial populations not treated with

antibiotics. Moreover, since streptomycin is produced by soil actinomycetes, treatment of plants with this antibiotic does not change the soil microflora and does not lead to an increase in bacteria resistance genes to this antibiotic [19]. However, to reduce the incidence of antibiotic-resistant bacterial strains, they are used only when there is a high risk of fire blight.

Experts note that the use of antibiotics in crop production and horticulture is prohibited in the EU countries. But due to the fact that the economic harmfulness of this quarantine object is very high, in seasons favorable for the spread of fire blight, the use of streptomycin is sometimes allowed only in conventional gardens in a very limited area and under very strict control. With the exact observance of doses, timing of use and the waiting period, it is quite possible to obtain products that do not contain either the antibiotic itself or its degradation products.

Biological control.

Recently, promising data have appeared on the successful use of certain types of bacteria against fire blight [20–22]. *Bacillus* species have a long history of use in biocontrol and crop growth promotion [23, 24]. In addition, several bacteria have been identified to date that can potentially be used against fire blight, including of the genus *Pseudomonas*: *P. fluorescens* A506 [25] and EPS62e [26], *P. orientalis* F9 [27], *P. vancouverensis* L16, *P. chlororaphis* 3M, *P. congelans* 35M, *P. protegens* 59M [28]; *Pantoea*: *P. agglomerans* E325 [29], and *P. agglomerans* 10c [30], *P. vagans* C9-1 [31]; *Bacillus*: *B. subtilis* QST713 [24]. *B. amyloliquefaciens* [32]; *Paenibacillus polymyxa* N179 [33]; *Lactobacillus plantarum* [34]; *Serratia* sp. [35].

Among them, several have been commercialized as biopesticides such as BlightBan A506 (*P. fluorescens* A506, USA), Bloomtime (*P. agglomerans* E325, USA), BlossomBless (*P. agglomerans* P10c, New Zealand), BlightBan C9-1 (*P. vagans* C9-1, USA), Serenade (*B. subtilis* QST713, USA), Biopro (*B. subtilis* BD170, Switzerland), and BlossomProtect (*Aureobasidium pullans*, Germany).

However, the common problem is that antagonist microbes that are effective *in vitro* may not be successful enough to maintain the population threshold in natural conditions due to the difficulty of surviving in the natural habitat. It has been established that the effectiveness of *Pseudomonas fluorescens* EPS62e depends on the successful colonization of the bacteria on the plant surface. When studying the population dynamics of *Pseudomonas fluorescens* A506, it was found that the population size of antagonist bacteria decreased with increasing flower age. At the same time, the increase in the population of *Pseudomonas fluorescens* A506 was accompanied by a decrease in the population of *E. amylovora* and weakening of the disease [36]. The combined use of antagonist bacteria with sulfuric lime (calcium polysulfide), which is used to reduce the fruit load on plants, showed high efficiency in garden conditions [37].

As a result, despite significant worldwide efforts to control fire blight, the disease still causes large crop losses and death of trees. The characteristic symptoms of fire blight - the appearance of exudate, the formation of ulcers and bent shoots, “marbling” on a cut of the bark, etc., facilitate its diagnosis. However, this disease can be confused with another disease similar to fire blight, necrosis of the bark of fruit trees, which is caused by the bacterium *Pseudomonas syringae*. All this necessitates the development of fast and reliable methods for diagnosing fruit blight. In addition, despite the fact that the effectiveness of biopesticides in combating fire blight is controversial, this problem is of great interest not only in Kazakhstan, but throughout the world.

Funding

The research was carried out with the financial support of the Scientific Committee of the Ministry of Education and Science of the Republic of Kazakhstan (grant № BR 8574022).

References:

- 1 Van der Zvet T., Keil H. *Fire blight: a bacterial disease of rosaceous plants*. Washington D.C., 1979.
- 2 Rosselo M., Pefialver J., Llop P., Gorris M.T., Chartie, R., Garcia F., Monton C., Cambra M., Lopez M.M. Identification of an *Erwinia* sp. from Different *Erwinia amylovora* and Responsible for

- Necrosis on Pear Blossoms. *Canadian Journal of Plant Pathology*, 2006, 28: 30-41 (<http://dx.doi.org/10.1080/07060660609507268>).
- 3 Doolotkeldieva T., Bobusheva S. Fire blight disease caused by *Erwinia amylovora* on *Rosaceae* plants in Kyrgyzstan and biological agents to control this disease. *Advances in Microbiology*, 2016, 6: 831–851 (DOI: 10.4236/aim.2016.611080).
- 4 Drenova N.V., Isin M.M., Dzhaimurzina A.A., Zharmukhamedova G.A., Aitkulov A.K. Bacterial fire blight in the Republic of Kazakhstan. *Plant Health: Research and Practice*, 2013, 3: 44–48.
- 5 McManus P.S., Jones A.L. Role of wind-driven rain, aero-sols, and contaminated budwood in incidence and spatial pat-tern of fire blight in an apple nursery. *Plant Disease*, 1994, 78: 1059-1066.
- 6 Vrancken K., Holtappels M., Schoofs H., Deckers T., Valcke R. Pathogenicity and Infection Strategies of the Fire Blight Pathogen *Erwinia amylovora* in *Rosaceae*: State of the Art. *Microbiology*, 2013, 159: 823-832 (<http://dx.doi.org/10.1099/mic.0.064881-0>).
- 7 Schroth M.N., Thomson S.V., Hildebrand D.C., Moller W.J. Epidemiology and Control of Fire Blight. *Annual Review of Phytopathology*, 1974, 12: 389-412 (<http://dx.doi.org/10.1146/annurev.py.12.090174.002133>).
- 8 Zhao Y., Tian Y., Wang L., Geng G., Zhao W., Hu B., Zhao Y. Fire blight disease, a fast-approaching threat to apple and pear production in China. *Journal of Integrative Agriculture*, 2019, 18(4): 815-820 ([https://doi.org/10.1016/S2095-3119\(18\)62033-7](https://doi.org/10.1016/S2095-3119(18)62033-7)).
- 9 Steiner P.W. *Integrated orchard and nursery management for the control of fire blight*. In: *Fire Blight: The Disease and its Causative Agent, Erwinia amylovora*/ Vanneste J.L. (eds.), CABI, Wallingford, 2000.
- 10 Pusey P.L., Curry E.A. Temperature and pomaceous flower age related to colonization by *Erwinia amylovora* and antagonists. *Phytopathology*, 2004, 94: 901-911 (DOI: 10.1094/PHYTO.2004.94.8.901).
- 11 Braun P.C. Epidemiology of fire blight of floricanne fruiting red raspberry caused by *Erwinia amylovora*. *Canadian Journal of Plant Pathology*, 2006, 28(1): P. 95-99 (<https://doi.org/10.1080/07060660609507275>).
- 12 Smetnik A.I. Bakterialnyi ozhog plodovoykh. Zashchita i karantin rastenii, 2003, 10: 38-39.
- 13 Paulin J.P., Lachaud G. Comparison of the Efficiency of Some Chemicals in Preventing Fire Blight Blossom Infections. *Acta Horticulturae*, 1984, 151: 209-214 (<http://dx.doi.org/10.17660/ActaHortic.1984.151.27>).
- 14 Ordax M. Survival strategy of *Erwinia amylovora* against copper: induction of the viable-but-nonculturable state. *Applied and Environmental Microbiology*, 2006, 72: 3482-3488.
- 15 Mikiciński A., Puławska J., Molzhigitova A., Sobiczewski P. Bacterial species recognized for the first time for its biocontrol activity against fire blight (*Erwinia amylovora*). *European Journal of Plant Pathology*, 2020, 156: 257-272 (DOI: 10.1007/s10658-019-01885-x).
- 16 Fried A., Schell E., Moltmann E., Wensing A. Control of fire blight in Baden-Württemberg at the end of the streptomycin era. *Acta horticulturae*, 2013, 1056: 55-56 (DOI: 10.17660/ActaHortic.2014.1056.5).
- 17 McGhee G.C., Sundin G.W. Kasumin: field results for fire blight management and evaluation of the potential for spontaneous resistance development in *Erwinia amylovora*. *Acta Horticulturae*, 2011, 896: 519-525 (DOI: 10.17660/ActaHortic.2011.896.76).
- 18 Duffy B. Environmental monitoring of antibiotic resistance and impact of streptomycin use on orchard bacterial communities. *Acta Horticulturae*, 2011, 896: 483-488 (DOI: 10.17660/ActaHortic.2011.896.71).
- 19 Walsh F. Streptomycin use in apple orchards did not adversely alter the soil bacterial communities. *13th ISHS Int. Fire Blight*, 2013: 68.
- 20 Johnson K.B., Stockwell V.O. Management of Fire Blight: A Case Study in Microbial Ecology. *Annual Review of Phytopathology*, 1998, 36: 227-248. (<http://dx.doi.org/10.1146/annurev.phyto.36.1.227>).
- 21 Nucló R., Johnson K.B., Sugar D., Stockwell V.O. Importance of Secondary Spread of Bacterial Antagonists in the Biological Control of *E. amylovora*. *Acta Horticulturae*, 1996, 411: 297. (<http://dx.doi.org/10.17660/ActaHortic.1996.411.59>).
- 22 Choi D.H., Choi H.J., Kim Y.J., Lim Y.-J., Lee I., Park D.H. Screening of Bacterial Antagonists to Develop an Effective Cocktail against *Erwinia amylovora*. *Research in Plant Disease*, 2022, 28(3): 152-161 (DOI: <https://doi.org/10.5423/RPD.2022.28.3.152>).

23 Raafat K.H., Hanan S.A., Rabab A.M. Antibacterial Activity of Antagonistic Bacteria and Plant Extract on *Erwinia amylovora* the Pathogen of Fire Blight Disease in Egypt. *International Journal of Phytopathology*, 2015, 4: 73-79 (DOI: 10.33687/phytopath.004.02.1187).

24 Brogginini G.A.L., Duffy B., Holliger E., Scharer H.-J., Gessler C., Patocchi A. Detection of the fire blight biocontrol agent *Bacillus subtilis* BD170 (Biopro (R)) in a Swiss apple orchard. *European Journal of Plant Pathology*, 2005, 111(2): 93-100 (DOI: 10.1007/s10658-004-1423-x).

25 Wilson M., Lindow S.E. Interaction between the biological control agent *Pseudomonas fluorescens* A506 and *Erwinia amylovora* in pear blossoms. *Phytopathology*, 1993, 83: 117-123 (DOI: 10.1094/Phyto-83-117).

26 Cabrefiga J., Bonaterra A., Montesinos E. Mechanisms of antagonism of *Pseudomonas fluorescens* EPS62e against *Erwinia amylovora*, the causal agent of fire blight. *International Microbiology*, 2007, 10: 123-132 (DOI: 10.2436/20.1501.01.18).

27 Zengerer V., Schmid M., Bieri M., Müller D. C., Remus-Emsermann M. N. P., Ahrens C. H. *Pseudomonas orientalis* F9: a potent antagonist against phytopathogens with phytotoxic effect in the apple flower. *Frontiers in Microbiology*, 2018, 9: 145 (DOI: 10.3389/fmicb.2018.00145).

28 Mikiciński, A., Puławska, J., Molzhigitova, A., Sobiczewski, P. Bacterial species recognized for the first time for its biocontrol activity against fire blight (*Erwinia amylovora*). *European Journal of Plant Pathology*, 2020, 156: 257-272 (DOI: 10.1007/s10658-019-01885-x).

29 Pusey P.L. Biological control agents for fire blight of apple compared under conditions limiting natural dispersal. *Plant Disease*, 2002, 86: 639-644

30 Vanneste J.L., Cornish D.A., Yu J., Voyle M.D. P10c: a new biological control agent for control of fire blight which can be sprayed or distributed using honey bees. *Acta Horticulturae*, 2002, 590: 231-235 (DOI: 10.17660/ActaHortic.2002.590.33).

31 Smits T.H.M., Rezzonico F., Kamber T., Goesmann A., Ishimaru C.A., Stockwell V.O. Genome sequence of the biocontrol agent *Pantoea vagans* strain C9-1. *Journal of Bacteriology*, 2010, 192: 6486-6487 (DOI: 10.1128/JB.01122-10).

32 Shemshura O., Alimzhanova M., Ismailova E., Molzhigitova A., Daugaliyeva S., Sadanov A. Antagonistic activity and mechanism of a novel *Bacillus amyloliquefaciens* MB40 strain against fire blight. *Journal of Plant Pathology*, 2020, 102: 825-833 (DOI: 10.1007/s42161-020-00515-4).

33 Fallahzadeh-Mamaghani V., Golchin S., Shirzad A., Mohammadi H., Mohamadivand F. Characterization of *Paenibacillus polymixa* N179 as a robust and multifunctional biocontrol agent. *Biological Control*, 2021, 154: 104505 (DOI: 10.1016/j.biocontrol.2020.104505).

34 Roselló G., Bonaterra A., Francés J., Montesinos L., Badosa E., Montesinos E. Biological control of fire blight of apple and pear with antagonistic *Lactobacillus plantarum*. *European Journal of Plant Pathology*, 2013, 137: 621-633 (DOI: 10.1007/s10658-013-0275-7).

35 Sharifazizi M., Harighi B., Sadeghi, A. Evaluation of biological control of *Erwinia amylovora*, causal agent of fire blight disease of pear by antagonistic bacteria. *Biological Control*, 2017, 104: 28-34 (DOI: 10.1016/j.biocontrol.2016.10.007)

36 Lindow S.E., Suslow T.V. Temporal dynamics of the biocontrol agent *Pseudomonas fluorescens* strain A506 in flowers in inoculated pear trees. *Phytopathology*, 2003, 93(6): 727-737 (DOI: 10.1094/PHTO.2003.93.6.727).

37 Johnson K. B., Temple T. N. Evaluation of strategies for fire blight control in organic pome fruit without antibiotics. *Plant Disease*, 2013, 97: 402-409 (DOI: 10.1094/PDIS-07-12-0638-RE).