

УДК 632.3:579.84

БОЛЕЗНИ САХАРНОЙ СВЕКЛЫ БАКТЕРИАЛЬНОЙ ЭТИОЛОГИИ

Е.П. ДВОРАК, С.Я. КОЦЬ

*Институт физиологии растений и генетики Национальной академии наук Украины
03022 Киев, ул. Васильковская, 31/17
e-mail: ekaterina-dvorak@rambler.ru*

На основе анализа литературных источников описаны симптомы проявления бактериальных болезней сахарной свеклы, которые поражают растения во время вегетации и корнеплоды при хранении. Приведены данные о влиянии ряда абиотических факторов на развитие этих болезней и распространение их возбудителей.

Ключевые слова: сахарная свекла, фитопатогенные бактерии, болезнь, поражение, симптомы проявления, инфекционный процесс.

Листья и корнеплоды сахарной свеклы — благоприятный субстрат для развития и размножения патогенных видов грибов, бактерий, вирусов, которые вызывают болезни с различными симптомами и последствиями для растений. Инфекционные процессы являются причиной уменьшения количества и ухудшения качества полученного урожая в результате нарушений нормальных функций и морфологии растений [16].

Если раньше аграриям приходилось минимизировать вред грибных инфекций, то сегодня прогрессивное развитие и распространение свойственно болезням бактериальной этиологии [6]. Растения сахарной свеклы поражаются такими бактериальными болезнями, как пятнистость листьев, полосатость жилок, бактериальная парша, хвостовая гниль корня, рак, туберкулез корнеплодов. Кроме того, существуют болезни, возбудителями которых обычно являются грибы, но в результате участия в инфекционном процессе также и бактерий возникают бактериальные формы корневой гнили, некроза сосудисто-волокнистых пучков и кагатная гниль [5, 16, 25, 36].

Бактериальную пятнистость листьев сахарной свеклы впервые описал в 1929 г. Борисевич [5]. Болезнь проявляется в виде типичных для бактериозов маслянисто-прозрачных некротических пятен округлой или неправильной формы светло-бурого либо серого цвета. Центральные ткани пятен часто высыхают и выпадают [5, 16, 25].

При неблагоприятных условиях внешней среды, приводящих к ослаблению растений, болезнь вызывают условно патогенные бактерии, которые широко распространены в почве, на растительных остатках [5, 36].

Из листьев, пораженных бактериальной пятнистостью, Салунская изолировала бактерии *Pseudomonas syringae*, патогенность которых доказана опытами с искусственным заражением растений [17]. Она также установила, что симптомы болезни спонтанно могут исчезать в условиях

теплой и сухой погоды, но если инфекция проникает на ранних стадиях, поражение растений может быть более сильным.

Бактерии *Pseudomonas syringae* pv. *syringae* являются типичными патогенами для многих видов растений [1, 25], в частности для свеклы, фасоли, овса, гороха, табака, томата, риса, яблони и др. Согласно данным [39], пересмотренный перечень растений-хозяев *P. syringae* pv. *syringae* включает 44 вида как однодольных, так и двудольных растений.

Отдельные штаммы патогенных бактерий вида *P. syringae* отличаются своей способностью продуцировать токсины — коронатин, фазеолотоксин, сириномицин, табтоксин [21]. В литературе имеются данные о том, что токсины не влияют на патогенность, однако служат фактором повышения вирулентности бактерий и возрастания количества пораженных растений, поскольку активизируют усиленный рост и движение бактерий внутри тканей [26].

Проникают патогенные бактерии этого вида в растения сквозь естественные отверстия на листьях или поврежденные участки тканей — раны, травмы, нанесенные градом, насекомыми или орудиями при обработке [26, 27].

Полосатость жилок листьев сахарной свеклы проявляется в виде темно-бурых, иногда почти черных полос вдоль черешков, а чаще по главной или боковым жилкам листьев. Возможно побурение тканей листовой пластинки, которые примыкают к пораженной жилке [5].

Возбудители болезни — бактерии *Pseudomonas syringae* pv. *aptata* [1, 5, 32]. Штаммы бактерий этого вида, выделенные в разных странах и регионах, сильно отличаются по своей агрессивности на сорняках и растениях, из которых их изолировали [29]. Как растения-хозяева в литературе указаны свекла, настурция, фасоль, баклажаны и перец [1].

По данным Матышевской [11], пятнистости листьев бактериальной этиологии, которые поражают различные виды растений, уменьшают в клетках количество белков, повышают содержание аммиака и других растворимых в воде соединений азота.

В ряде случаев высокая относительная влажность воздуха определяет возможность проникновения бактериальной инфекции в ткани растений [27], поэтому снижение или стабильность размера популяции *P. syringae* связывают с сухими жаркими погодными условиями.

Исследователями также установлено существование в природе суточных ритмов восприимчивости растений к бактериальной инфекции. Общим для всех изученных растений является резкое повышение устойчивости в ночное время по сравнению с дневным. В дневные часы наблюдаются два периода падения устойчивости: первый (с 11 до 13 ч) выражено слабее, чем второй (с 16 до 18 ч) [4].

Хвостовая гниль, или гоммоз — одна из наиболее вредоносных болезней бактериального происхождения на сахарной свекле. Ежегодно ею поражается от 2 до 4,2 % растений практически во всех зонах свеклосеяния Украины [16]. Чаще всего болезнь обнаруживается в Черниговской и Полтавской областях Украины [5].

Хвостовая гниль поражает корнеплоды еще во время вегетации и часто приводит к полной их гибели [25]. Загнивание корня начинается с хвостовой части, откуда и произошло название болезни; другое ее название — гоммоз, характеризуется мягким слизистым гниением тканей еще на начальной стадии поражения. Пораженные участки сначала темнеют, затем приобретают свинцово-серый или черный цвет, буреют и отмира-

ют [10, 15]. Листья пораженных растений становятся хлоротичными, некротизируются и отмирают — сначала нижние, затем остальные [28]. К возбудителям болезни относится *Xanthomonas axonopodis* pv. *vasculorum* [5].

По данным Стогниенко [19], погодные условия разных почвенно-климатических зон могут характеризоваться контрастностью, нередко после засушливого периода выпадает значительное количество осадков, что становится причиной образования трещин и обрыва маленьких корешков. Поражение свекольной минирующей молью и высыхание почвы приводят к увяданию хвостовой части корнеплода и, как следствие, к развитию хвостовой гнили корнеплодов.

Рак корнеплодов сахарной свеклы распространен во многих областях их культивирования, но вредоносность заболевания редко становится значительной. Болезнь в основном появляется в августе и характеризуется образованием наростов (опухолей) на корнеплодах, которые постепенно растут и достигают значительных размеров. Наросты чаще всего связаны с корнеплодом узким перешейком и легко отламываются. На разрезе нароста видно, что он состоит из живых тканей нормального цвета и представляет собой разросшуюся паренхиму корнеплода [14, 15].

Возбудителями рака сахарной свеклы являются бактерии *Rhizobium vitis*. Устаревшие названия патогена *Agrobacterium tumefaciens*, *Bacterium tumefaciens* [5]. Указанные бактерии поражают не только сахарную свеклу, но и виноград, морковь, томаты, подсолнух, хризантемы, иву, разные фруктовые и декоративные растения [33].

По данным Потопальского, при изучении наростов на растениях, вызванных вирулентными *R. vitis*, выявлены характерные биологические особенности, а именно: метаболическая автономия, гормоннезависимый рост, трансплантатность, поэтому их можно рассматривать как истинные злокачественные опухоли — фитобластомы [14].

Патогенные и непатогенные опухолеобразующие бактерии способны жить как сапрофиты в почве, но проблема установления сроков их естественной элиминации из экосистем требует дальнейшего изучения [22].

Исследованиями по определению количества опухолеобразующих бактерий в пахотном слое почвы в разные периоды года установлено, что их численность значительно ниже в осенне-зимний период [30]. При инфицировании растений бактериями *R. vitis* обязательным условием для начала инфекционного процесса является наличие ранения растительных тканей, поскольку образуется среда, поддерживающая метаболическую активность бактерий, а изменения в клетках растения повышают их чувствительность к патогенам [20].

Туберкулез корнеплодов сахарной свеклы характеризуется появлением наростов, которые имеют неправильную форму, шероховатую поверхность и заполнены светло-желтой гнилью [13, 15, 36]. Согласно действующей номенклатуре, возбудителем является *Xanthomonas axonopodis* [5].

Во время вегетации растений бактерии, вызывающие туберкулез корнеплодов, могут проникать через повреждения, нанесенные насекомыми, градом, а также инвентарем при обработке растений [13, 25, 34]. В почве возбудитель туберкулеза корнеплодов сохраняется на протяжении очень короткого срока, а в остатках пораженных растений может зимовать [3].

Бактериальная парша на корнеплодах сахарной свеклы вызывает образование бородавок, которые впоследствии превращаются в маленькие раны, окрашенные в коричневый или почти черный цвет. Часто бородавки сливаются и образуют пятна разного размера [10, 13, 28].

Согласно действующей классификации, возбудитель болезни относится к роду *Streptomyces* [5]. Стрептомицеты — аэробные микроорганизмы с широким спектром ферментов. Среди вторичных продуктов их метаболизма витамины группы В, гетероауксины, антибиотики и другие биологически активные вещества [2]. Известно, что штаммы *Streptomyces* способны поражать достаточно много растений, в основном корнеплоды свеклы, картофеля, моркови, редиса [31]. Инфицирование растений происходит путем проникновения бактерий в ризоиды при их гипертрофии в условиях повышенной влажности [24].

Вредоносность заболевания в период вегетации невелика, однако корнеплоды, пораженные паршой, имеют меньшую массу и содержание сахара, а во время зимнего хранения теряют устойчивость к гниению [25].

Более подвержены воздействию возбудителя парши растения при орошении и в условиях внесения повышенных доз азотных удобрений [24, 38].

Корнеплоды свеклы, пораженные различными типами парши, затвердевают, что затрудняет их измельчение, содержат повышенное количество азота, что приводит к снижению выхода сахара [10].

Пораженные некрозом сосудистые пучки корнеплодов имеют вид черных пятен. Чаще всего поражается центральный пучок, а в центре вдоль оси корня проходит темная полоса [5, 35]. Из волокнистых пучков с симптомами заболевания выделены около 80 % грибов рода *Fusarium*, в том числе *F. oxysporum*, *F. sambucinum*, в меньшей степени — *F. gibbosum*, *F. avenaceum*, *F. solani* [16].

Часто в развитии заболевания принимают участие бактерии вида *Pectobacterium carotovorum* subsp. *betavasculatorum* (устаревшее название *Erwinia carotovorum* subsp. *betavasculatorum*) [1, 5, 35].

Бактерии рода *Pectobacterium* — типичные представители семейства *Enterobacteriaceae*. Они имеют широкие метаболические возможности и соответствующие регуляторные системы, позволяющие этим бактериям вести сапрофитное существование, а при появлении растения-хозяина и соответствующих условий активировать экспрессию достаточно большого количества факторов вирулентности, переходить на паразитический образ жизни [12].

Если патогенных бактерий недостаточно для поражения растений корнеплодом и их гибели в фазу проростков, инфекция накапливается в сосудах и при достижении критического уровня бактериальной массы начинается патологический процесс, проявляющийся в виде потемнения сосудов [18].

Растения сахарной свеклы сильнее поражаются некрозом сосудистых пучков при температуре воздуха от 24 °С и выше. Известно, что высокоагрессивные штаммы возбудителя инфицируют и дикие виды растений рода *Beta* [37]. Растениями-хозяевами бактерий, которые инициируют некроз и гниль корнеплодов сахарной свеклы, могут быть дыни, огурцы, тыква, кукуруза, фасоль, баклажаны [1, 23].

Корнеед является распространенной во всех зонах свеклосеяния болезнью сахарной свеклы [13, 16]. Первые признаки поражения появля-

ются на проростках сразу же после появления всходов на поверхности почвы. Болезнь развивается в фазах вилочки, первой и второй пары настоящих листьев [15, 16, 27, 38]. На пораженных растениях на корне и подсемядольном колене появляются бурые пятна и полосы, которые часто сливаются. Пораженные участки загнивают, часто образуются перехваты. При интенсивном поражении загнивают черешки семядолей и листьев [5, 25, 28].

Возбудителями корневой гнили могут быть около ста видов грибов, чаще всего это представители родов *Aphanomyces*, *Phytium*, *Fusarium*, *Phoma*, *Rhizoctonia* [15, 16]. В качестве возбудителей болезни среди бактерий указывают разные виды, в частности *Bacillus buthyricus*, *B. closteroides*, *B. ellenbachensis*, *B. lacerans*, *B. mesentericus*, *B. mycoides*, *B. subtilis*, *Erwinia amylovora*, *Serratia liquefaciens*, *Xanthomonas campestris*, *Pseudomonas chlorophis*, *Pseudomonas fluorescens* [8].

Симптомы и течение болезни меняются в зависимости от фазы развития растений, видов возбудителей, агроклиматических зон выращивания и погодных условий [5].

Кагатная гниль — гниение корнеплодов сахарной свеклы, которые заложены на хранение, вызванное их поражением грибами и бактериями. Ученые считают, что микробиологические процессы при хранении сахарной свеклы возникают вследствие ряда причин, а именно: длительного хранения корнеплодов в полевых условиях после выкапывания; попадания в кагаты свеклы с пониженной устойчивостью к поражению возбудителями болезней в результате механического повреждения; поступления свеклы в различном физиологическом состоянии, уже с начавшимся инфекционным процессом [7, 9].

Специфическими для кагатной гнили являются не столько микроорганизмы, ее вызывающие, сколько условия их развития, на фоне которых происходит процесс гниения.

Как свидетельствуют литературные источники, видовой состав бактерий, которые инициируют или усиливают процесс гниения свеклы при хранении, очень разнообразен [8, 9, 28]. В частности Корниенко [8] указал на наличие таких видов бактерий в составе возбудителей кагатной гнили: *Achromobacter buthyri*, *A. candicans*, *Bacillus parvus*, *B. aerogenes*, *B. paracoli*, *B. roseum*, *Chromobacterium aurantium*, *C. flavescens*, *Pseudomonas chlorophis*, *P. fluorescens*, *P. multistriata*.

Согласно данным других авторов [5], одним из самых распространенных возбудителей кагатной гнили является *Erwinia betae*. Загнивающая часть корнеплодов характеризуется невысоким содержанием сахара и насыщена вредными в технологическом отношении продуктами [7].

Таким образом, листовой аппарат и корнеплоды сахарной свеклы поражаются различными видами патогенных бактерий, вследствие чего возникают болезни. Бактерии также участвуют в патологических процессах, инициированных другими микроорганизмами, и это в большинстве случаев негативно влияет на рост и развитие растений в период вегетации или на их состояние во время хранения.

1. Билай В.И. Микроорганизмы — возбудители болезней растений. — К.: Наук. думка, 1988. — 552 с.
2. Валагурова Е.В., Козырицкая В.Е., Иутинская Г.А. Актиномицеты рода *Streptomyces*. Описание видов и компьютерная программа их идентификации. — К.: Наук. думка, 2003. — 496 с.

3. *Воронкевич И.В.* Выживаемость фитопатогенных бактерий в природе. — М.: Наука, 1974. — 270 с.
4. *Гвоздяк Р.И.* Циркадные ритмы устойчивости растений к бактериальной инфекции // Микробиол. журн. — 1978. — **40**, № 2. — С. 224—232.
5. *Гвоздяк Р.І., Яковлева Л.М., Пасічник Л.А. та ін.* Фітопатогенні бактерії. Бактеріальні хвороби рослин. — К.: ТОВ «НВП Інтерсервіс», 2011. — 444 с.
6. *Гуріна Н.В., Самкова О.П.* Бактеріозі сільськогосподарських культур — проблеми сьогодення та перспективи досліджень // Матеріали XII конф. молодих вчених «Наукові, прикладні та освітні аспекти фізіології, генетики, біотехнології рослин і мікроорганізмів» (15—16 листопада 2012). — К., 2012. — С. 243—244.
7. *Гусятинська Н.А., Тетеріна С.М., Касян І.М., Гусятинський М.В.* Аналіз мікробіологічних процесів та способів їх пригнічення при зберіганні цукрових буряків // Харчова пром-сть. — 2010. — № 9. — С. 36—39.
8. *Корниенко А.В.* Новая классификация патогенов сахарной свеклы // Агро XXI. — 2006. — № 1—3. — С. 25—29.
9. *Кучеренко Є.П., Саблук В.Т., Баланюк Л.О.* Гнилі коренеплодів цукрових буряків під час зберігання та розробка способів зниження їх шкідливості // Цукрові буряки. — 2012. — № 6. — С. 20—21.
10. *Марков І.Л.* Діагностичні ознаки хвороб цукрового буряку // Агроном. — 2009. — № 4. — С. 166—172.
11. *Матышевская М.С.* Влияние фитопатогенных бактерий на физико-биохимические свойства растений. — К.: Наук. думка, 1975. — 235 с.
12. *Николайчик Е.А.* Индукция и супрессия иммунного ответа растений бактериальным патогеном *Рестобacterium carotovorum* // Тр. Белорус. ун-та. — 2012. — Т. 7, ч. 1. — С. 43—55.
13. *Пересипкін В.Ф.* Сільськогосподарська фітопатологія. — К.: Аграрна освіта, 2000. — 415 с.
14. *Потопальський А.І., Ткачук З.Ю.* Опухоли и наросты у растений. — Киев: Высш. шк. Главное изд-во, 1985. — 184 с.
15. *Роїк М.В., Нурмухамедов А.К., Корнієнко А.С.* Хвороби коренеплодів цукрових буряків. — К.: Поліграфконсалтинг, 2004. — 224 с.
16. *Саблук В.Т., Шендрік Р.Я., Запольська Н.М.* Шкідники та хвороби цукрових буряків. — К.: Колообіг, 2005. — 448 с.
17. *Салунська Н.І.* Про збудників бактеріозу листя цукрових буряків // Микробиол. журн. — 1954. — XVI, № 3. — С. 22—24.
18. *Селиванова Г.А.* Причини широкого распространения корневых гнилей в ЦЧР // Сахарная свекла. — 2013. — № 5. — С. 27—31.
19. *Стогниенко О.І., Шамин О.І.* Биотические и абиотические факторы в развитии гнилей корнеплодов // Там же. — 2012. — № 5. — С. 29—32.
20. *Anderson A.R., Moore L.W.* Host specificity in the genus *Agrobacterium* // Phytopathology. — 1979. — **69**, N 4. — P. 320—323.
21. *Bender C.L., Alarcon-Chaidez F., Gross D.C.* *Pseudomonas syringae* phytotoxins: mode of action, regulation, and biosynthesis by peptide and polyketide synthetases // Microbiol. Mol. Biol. Rev. — 1999. — **63**, N 2. — P. 266—292.
22. *Bouzar H., Ouadah D., Krimi Z.* Correlative association between resident plasmids and the host chromosome in a diverse *Agrobacterium* soil population // Appl. Environ. Microbiol. — 1993. — **59**. — P. 1310—1317.
23. *Brenner D.J., Krieg N.R., Staley J.T. et al.* Bergey's Manual of Systematic bacteriology. Second Edition. — Springeu, 2005. — Vol. 2, part B. — 1106 p.
24. *Gladysiak S.* Infection of sugar beet with strip scab as influenced by agrotechnical factors // Progress in Plant Protection. — 2000. — **40**, N 1. — P. 218—222.
25. *Horst R.K.* Westcott's plant disease handbook, 5th ed. Chapman & Hall. — New York, 1990. — 175 p.
26. *Hwang M.S., Morgan R.L., Sarkar S.F. et al.* Phylogenetic characterization of virulence and resistance phenotypes of *Pseudomonas syringae* // Appl. Environ. Microbiol. — 2005. — **71**, N 9. — P. 5182—5191.
27. *Kleinhempel H., Naumann K., Spaar D.* Bakterielle Erkrankungen der Kulturpflanzen. — Jena: Gustav Fischer Verlag, 1989. — 573 s.
28. *Koike S.T., Gladders P., Paulus A.O.* Vegetable diseases: a color handbook. — London: Gulf Professional Publishing, 2007. — 448 p.
29. *Koike S.T., Henderson D.M.* First report of bacterial leaf spot of swiss chard caused by *Pseudomonas syringae* pv. *aptata* in California // Plant Disease. — 2003. — **87**, N 11. — P. 1397.

30. Krimi Z., Petit A., Mougel C. et al. Seasonal fluctuations and long-term persistence of pathogenic populations of *Agrobacterium* spp. in soils // Appl. Environ. Microbiol. — 2002. — **68**, N 7. — P. 3358—3365.
31. Loria R., Kers J., Joshi M. Evolution of plant pathogenicity in *Streptomyces* // Annu. Rev. Phytopathol. — 2006. — **44**. — P. 469—487.
32. Maraite H., Weyns J. *Pseudomonas syringae* pv. *aptata* and pv. *atrofaciens*, specific pathovars or members of pv. *syringae*? — Springer Netherlands, 1997. — P. 515—520.
33. Otten L., Burr T., Szegedi E. *Agrobacterium*: a disease-causing bacterium. — New York: Springer, 2008. — P. 1—46.
34. Romantschuk M. Attachment of plant pathogenic bacteria to plant surfaces // Annu. Rev. Phytopathol. — 1992. — N 1. — P. 225—243.
35. Saleh O.I., Huang P.Y. Bacterial vascular necrosis and root rot disease of sugar beet in Egypt // Phytopathology. — 1996. — **144**, N 5. — P. 225—230.
36. Spaar D., Kleinhempel H., Fritzsche R. Bildtafeln und Beschreibungen der Krankheiten und Beschädigungen an Zucker- und Futterrüben. — Berlin, Heidelberg: Springer, 1988. — P. 31—127.
37. Whitney E.D. The susceptibility of fodder beet and wild species of *Beta* to an *Erwinia* sp. from sugar beet // Plant Diseases. — 1982. — **66**. — P. 664—665.
38. Winner C. Zuckerrubensbau. — Frankfurt (Main): DLG-Verlag; München: BVL — Verlagsgesellschaft; Wien: Österreichischer Agrarverlag; Bern: Verlag Verbandsdruckerei Wirz, 1981. — 308 s.
39. Young J.M. Pathogenicity and identification of the lilac pathogen, *Pseudomonas syringae* pv. *syringae* van Hall 1902 // Ann. Appl. Biol. — 1991. — **118**, N 2. — P. 283—298.

Получено 08.09.2017

ХВОРОБИ ЦУКРОВИХ БУРЯКІВ БАКТЕРІАЛЬНОЇ ЕТІОЛОГІЇ

К.П. Дворак, С.Я. Коць

Інститут фізіології рослин і генетики Національної академії наук України, Київ

На основі аналізу літературних джерел описано симптоми прояву бактеріальних хвороб цукрових буряків, які уражують рослини під час вегетації і коренеплоди при зберіганні. Наведено дані щодо впливу низки абіотичних чинників на розвиток цих хвороб і поширення їхніх збудників.

SUGAR BEET DISEASES OF BACTERIAL ETIOLOGY

E.P. Dvorak, S.Ya. Kots

Institute of Plant Physiology and Genetics, National Academy of Sciences of Ukraine
31/17 Vasylykivska St., Kyiv, 03022, Ukraine

Based on the analysis of literature sources, symptoms of the manifestation of bacterial diseases of sugar beet, which affect plants during vegetation and roots during storage, are described. Data on the influence of a number of abiotic factors on the development of these diseases and the spread of their pathogens are presented.

Key words: sugar beet, phytopathogenic bacteria, disease, affection, symptoms of manifestation, infectious process.