

БОЛЕЗНИ ХРАНЕНИЯ ПЛОДОВ ТОМАТА

Екатерина Владимировна Грошева

научный сотрудник научно-исследовательской

«Биофотоника»

ekaterina2687@mail.ru

Марина Витальевна Маслова

кандидат сельскохозяйственных наук, старший научный сотрудник

научно-исследовательской проблемной

лаборатории «Биофотоника»

marinamaslova2009@mail.ru,

Андрей Валентинович Будаговский

доктор технических наук, заведующий научно-исследовательской

проблемной лабораторией «Биофотоника»

budagovsky@mail.ru,

Ольга Николаевна Будаговская

доктор технических наук, ведущий научный сотрудник научно-

исследовательской проблемной лаборатории «Биофотоника»

budagovsky@mail.ru

Мичуринский государственный аграрный университет

г. Мичуринск, Россия

Аннотация. В статье рассматриваются вопросы поражения плодов томата в период роста, развития и послеуборочного хранения. Описаны основные возбудители болезней и механизмы защиты от их поражения.

Ключевые слова. Плоды томата, грибные болезни, механизмы защиты.

Многие болезни, развивающиеся на плодах томата в процессе дозревания и хранения, являются следствием заражения патогенами. Поражение плодов наблюдается как в условиях открытого, так и в условиях защищенного грунта. Для защиты от поражения микроорганизмами требуется максимально возможное замедление скорости метаболических процессов, а так же снижение инфекционного фона [1, 2, 3].

Большинство возбудителей болезней хранения плодов томата ведут некротрофный или сапротрофный образ жизни, что приводит к разложению тканей хозяина и потере товарного качества продукции [18].

Защита от некротрофных патогенов включает в себя конститутивные и индуцированные физические и химические барьеры. Химические механизмы борьбы с некротрофными патогенами обеспечивают дополнительную защиту и включают конститутивно присутствующие предварительно сформированные соединения (фитоантисипины), а также соединения, которые образуются только в ответ на инфекцию (фитоалексины). Устойчивость включает в себя множество других реакций в том числе накопление белков, связанных с патогенезом, дефензинов, антимикробных соединений и активацию гормонально регулируемой защиты [13].

Ранние стадии почти любой инфекции имеют некоторые общие признаки, такие как выработка различных вторичных метаболитов и гормонов, гибель клеток-хозяина, накопление активных форм кислорода (АФК), каллозы и различные модификации клеточной стенки. Устойчивость к некротрофам в значительной степени зависит от сложных сигнальных путей, включающих жасмоновую кислоту (ЖК), этилен (ЭТ) и абсцизовую кислоту (АБК). Защита от некротрофов в значительной степени зависит от сбалансированного взаимодействия между этими важнейшими фитогормонами, которые могут по-разному действовать в разных патосистемах. ЖК и ЭТ работают синергически в индукции генов, связанных с защитой, против некротрофов [19].

На развитие заболевания плодов томата после сбора урожая и последующего хранения оказывают влияние такие факторы как сортовая

особенность, условия хранения, патогенность грибов, реакция хозяина, процесс созревания или старения [7].

Во время созревания плоды подвергаются физиологическим процессам, таким как активация биосинтеза этилена, изменения кутикулы и разрыхление клеточных стенок - изменениям, которые сопровождаются снижением содержания противогрибковых соединений, как тех, которые предварительно образуются, так и тех, которые являются индуцируемыми вторичными метаболитами [20].

Патогенные грибы могут оценивать физиологическое состояние плода и реагировать соответствующим образом с помощью соответствующих стратегий заражения, роста или покоя. Заражение незрелых плодов (хозяина) патогеном инициирует защитные каскады передачи сигналов, кульминацией которых является накопление противогрибковых белков, которые ограничивают рост и развитие грибов. Развитие одних и тех же патогенов во время созревания и хранения плодов активирует существенно иную сигнальную сеть, которая способствует агрессивной колонизации грибами. Незрелые плоды имеют прочные клеточные стенки и содержат большое количество предварительно сформированных противогрибковых соединений. Незрелые плоды также обладают повышенной реакцией на грибковую инфекцию, что выражается в быстрой индукции противогрибковых белков и повышенном уровне АФК. Несколько видов грибковых патогенов, таких как *Colletotrichum*, *Alternaria*, *Botrytis*, *Monilinia*, *Lasiodiplodia*, *Phomopsis* и *Botryosphaeria*, спокойно живут в своих хозяевах до созревания плодов [20].

По сравнению с незрелыми плодами томата, спелые имеют более высокие уровни общего количества растворимых сухих веществ, большую титруемую кислотность, меньшую твердость и другой состав вторичных метаболитов и летучих веществ [18].

После сбора урожая грибковые патогены могут прорасти и проникать в плоды, преодолевая кутикулу хозяина. Это достигается её разрушением, проникновением через естественные отверстия хозяина, раны или путем

прорастания из стебля, где данные патогены могут жить как эндофиты [7].

По мере созревания плодов грибные патогены переходят к агрессивному развитию в тканях хозяина. На этой стадии паразиты выступают в качестве некротрофов, которые убивают клетку-хозяина и получают питательные вещества от неё, что приводит к мацерации тканей плодов и гниению [20].

Некоторые грибы, такие как *Lasiodiplodia*, *Phomopsis*, *Alternaria* и другие, колонизируют стебли и эндофитный образ жизни до созревания плодов. Другие грибы, например, рода *Colletotrichum* определяются как гембиотрофные, эти грибы спокойно живут как биотрофы в незрелых клетках плодов, не убивая их. При этом некротрофные грибы, такие как *Botrytis*, могут заражать и жить в ограниченных 1-3 клетках незрелых плодов, не повреждая окружающие ткани [7].

Хотя *Botritis cinerea*, *Fusarium acuminatum* и *Rhizopus stolonifer* не способны вызывать явные симптомы заболевания у незрелых плодов томата, они предпринимают попытки вызвать инфекции, либо создают подходящую среду в плодах для роста грибков, а не просто погибают в тканях хозяина [18].

У патогена во время заражения плодов активируется множество генов, участвующих в деградации белка. Активность генов, связанных с протеолизом, может указывать на то, что деградация белка важна для патогенности. Некоторые протеазы, продуцируемые патогеном, служат супрессорами иммунного ответа хозяина при взаимодействии растения с патогеном. Представители рода *Mucor* относятся к одним из самых распространенных возбудителей болезней хранения овощей и фруктов [8, 9, 11, 18, 22]

Mucor spp. вызывает гниение овощей, в том числе в условиях пониженных температур, а при 20°C в течение 3-4 дней после инокуляции отмечается сильное гниение плодов томатов. Заражение мягкой гнилью обычно происходит в поврежденных местах после растрескивания плодов. Сначала в месте инвазии *Mucor spp.* ткани плодов быстро размягчаются, поражение постепенно расширяется. Формируются колонии белого, коричневатого и серого цвета. Оптимальная температура роста гриба составляла 25°C [12].

Грибы рода *Mucor* имеют наибольшее распространение при использовании почвенного грунта, по сравнению с гидропоникой [6].

Cladosporium fulvum Cooke поражает главным образом листья, реже стебли и плоды [5]. Первые признаки наблюдаются на верхней части нижнего яруса листьев в виде светло-зеленых, затем с желтоватыми пятнами. При благоприятных условиях происходит обсеменение различных частей растения, в том числе и плодов. Споры распространяются с каплями воды или ветром. Оптимальная относительная влажность воздуха должна составлять 80-95%. Туманная утренняя и вечерняя погода благоприятствует распространению болезни. Из-за высокой влажности болезнь широко распространена в пленочных укрытиях. Патоген живет в почве в виде сапротрофа. Он попадает туда с растительными остатками и приспосабливается к условиям. При благоприятных условиях он расширяет ареал своего распространения. Известны различные расы и подвиды патогена [4].

Альтерналиозная гниль плодов является распространенным заболеванием, вызываемым *Alternaria alternata* (Fr.) Keissl. Среди болезней томатов послеуборочная гниль, вызванная *A. alternata*, является наиболее разрушительной [9]

Гниль плодов томатов, вызванная *Alternaria spp.* выглядит как темно-коричневые или черные, гладкие, слегка впалые повреждения, которые имеют твердую текстуру и могут достигать нескольких сантиметров в диаметре [17]. Значительное снижение содержания белка и активности гваяколпероксидазы, а также увеличение активности супероксиддисмутазы, каталазы, аскорбатпероксидазы, глутатионредуктазы было зарегистрировано в плодах томата, инокулированных *A. alternata*, по сравнению с контролем [14].

Фузариоз – одно из самых опасных заболеваний спелых плодов томата. Различные виды рода *Fusarium* вовлечены в порчу или ухудшение их качества [10, 21].

Возбудитель *Fusarium oxysporum f.sp. lycopersici* выделялся из инфицированного материала. Устойчивость этого патогена к широкому спектру

химических веществ является причиной необходимости проведения поисковых альтернативных мер борьбы с ним. Заражение *Fusarium oxysporum f.sp. radicle-lycopersici* плодов приводит к формированию серовато-коричневых пятен на конце плода и его мумификации. Из всех семян таких плодов выделен *F. oxysporum f.sp. radicle-lycopersici* [15].

В пределах рода вид *F. acuminatum* является одним из наиболее токсичных видов, поскольку он продуцирует сильные микотоксины, такие как трихотецен и фумонизины, которые убивают клетки-хозяева и вызывают некроз тканей. После инокуляции плодов активируется множество генов, участвующих в деградации белка, пектина, хитина, что способствует разложению ткани хозяина путем разрушения структурных составляющих клеточной стенки или служит для деградации белков, обеспечивая источник питания для грибов. Способность *F. acuminatum* заражать как незрелые, так и зрелые плоды может отражать его особенно широкий спектр хозяев, который включает даже насекомых [16].

B. cinerea является возбудителем серой плесени, экономически разрушительного заболевания, и служит модельным видом для изучения взаимодействия растений с некротрофами. В совместимых хозяевах, таких как спелые плоды, *B. cinerea* продуцирует токсины, ферменты, разрушающих клеточную стенку (CWDE - cell wall-degrading enzyme) хозяина, активные формы кислорода (АФК) и другие факторы вирулентности, вызывающие быструю гибель и распад тканей растения. У несовместимых хозяев, таких как незрелые плоды, *B. cinerea* вызывает затихающие инфекции, подавляя иммунную систему хозяина и повышая его восприимчивость, активирует процессы созревания плодов, включая изменения в биосинтезе растительных гормонов и передаче сигналов и индукция CWDE хозяина, участвующих в размягчении плодов. Всё это способствует росту и колонизации грибов [15, 18, 21].

Потери плодов в послеплодоносный период достигают 20...40 % от собранного урожая. Значительное сокращение потерь овощной продукции обеспечивают современные технологии хранения.

В связи с вышеизложенным актуальным является разработка технологических приёмов, подавляющих развитие микрофлоры, или повышающих устойчивость плодов томата к заболеваниям с учетом сортовых особенностей и особенностей их культивирования в условиях открытого и защищенного грунта.

Список литературы:

1. Маслова М.В., Грошева Е.В. Эффективность экологически безопасного дезинфектанта Интра Хайдрокеа в условиях защищенного грунта // Теплицы России. 2016. № 4. С. 46.

2. Метод повышения сохранности плодоовощной продукции / В. Ф. Вербицкий [и др.] // Перспективные технологии и технические средства в сельскохозяйственном производстве: материалы междунар. научно-практич. конф. Минск: БГАТУ. 2013. Ч. 1. С. 238-243.

3. Степаненко Д. С., Тарусова Н. В., Гогунская П. В. Микробиологические аспекты хранения свежих плодов, обработанных электроионизированным воздухом // Биологический вестник. Мелитопольский ГПУ. 2012. №1. С.143-146.

4. Aghayev J. T., Gahramanova G. E., Aghayeva N. K. Tomato brown spotting (*Cladosporium fulvum* Cooke) and powdery mildew (*Oidium lycopersicum* Cooke et Mass.) in greenhouses.// Agricultural & Veterinary Sciences. 2018. V.2. N.3. P.157-162.

5. A biocontrol strain of *Bacillus subtilis* WXCDD105 used to control tomato *Botrytis cinerea* and *Cladosporium fulvum* cooke and promote the growth of seedlings / H. Wang [and othes] // International Journal of Molecular Sciences. 2018. V. 19. N. 5. P. 1371.

6. Akpeji S. C., Okolie O. C., Samson O. Occurrence and identification of fungal rots in tomato (*Lycopersicum esculentum* Mill) fruit // American International Journal of Agricultural Studies. 2021. V. 4. N. 1. P. 1-9.
7. Alkan N., Fortes A. M. Insights into molecular and metabolic events associated with fruit response to post-harvest fungal pathogens // Frontiers in plant science. 2015. V. 6. P. 889.
8. Antioxidants potential of the filamentous fungi (*Mucor circinelloides*) / A. Hameed [and othes] // Nutrients. 2017. V. 9. N. 10. P. 1101.
9. Bacterial Species Associated with the Deterioration of Fresh Tomato Fruits (*Lycopersium esculentum* M.) Sold in Aliero Market, Kebbi State / M. Aminu [and othes] // Int. J. Sci. Res. in Biological Sciences. 2021. V. 8. N. 2. P. 7-11.
10. Choudhury R. R., Saikia M. Isolation and identification of fungal species associated with spoilage of some fruits and vegetables of hojai district of assam, India // International Research Journal of Modernization in Engineering Technology and Science. 2022. V. 4. N. 2. P. 1129-1134.
11. Koka J. A., Wani A. H., Bhat M. Y. Incidence and severity of fungal rot of tomato and brinjal in Kashmir Valley // Journal of Drug Delivery and Therapeutics. 2022. V. 12. N. 4-S. P. 61-67.
12. Kwon J. H., Hong S. B. Soft rot of tomato caused by *Mucor racemosus* in Korea // Mycobiology. 2005. V. 33. N. 4. P. 240-242.
13. Laluk K., Mengiste T. Necrotroph attacks on plants: wanton destruction or covert extortion? // The Arabidopsis Book/American Society of Plant Biologists. 2010. V. 8. P. 1-34.
14. Management of Alternaria induced rot in tomato fruits with essential oil of *zanthoxylum armatum* dc / Slathia S. [and othes] // Frontiers in Sustainable Food Systems. 2021. V. 5. P. 679830.
15. Menzies J. G., Jarvis W. R. The infestation of tomato seed by *Fusarium oxysporum* f. sp. *radicis-lycopersici* // Plant pathology. 1994. V. 43. N. 2. P. 378-386.

16. Mycological assessment of deteriorated *Lycopersicum esculentum* fruits sold in wukari nigeria / A. C. Ogado [and othes] // Journal of Biotechnology Research. 2020. V. 6. N. 7. P. 84-89.
17. Overactivation of glutamate consuming pathways in l-glutamate treated tomato fruits lead to resistance against *Alternaria alternata* / J. Yang [and othes] // Postharvest Biology and Technology. 2020. V. 169. P. 111311.
18. Infection strategies deployed by *Botrytis cinerea*, *Fusarium acuminatum*, and *Rhizopus stolonifer* as a function of tomato fruit ripening stage / S. Petrasch [and othes] // Frontiers in Plant Science. 2019. V. 10. P. 223. URL: <https://www.frontiersin.org/articles/10.3389/fpls.2019.00223/full>
19. Plant defense against necrotrophic pathogens / M. H. Ghozlan [and othes] // American Journal of Plant Sciences. 2020. V. 11. N. 12. P. 2122-2138.
20. Prusky quiescent and necrotrophic lifestyle choice during postharvest disease development / D. Alkan [and othes] // Annual review of phytopathology. 2013. V. 51. N. 1. P. 155-176.
21. Shakya B., Aryal H.P. A Study of fungal diseases occurring on stored tomatoes of balkhu agriculture and vegetable market, nepal // Journal of Natural History Museum. 2020. V. 31. N. 1. P. 107-122.
22. Ukeh J.A., Chiejina N.V. Preliminary investigations of the cause of post-harvest fungal rot of tomato // IOSR J Pharm Biol Sci. 2012. V. 4. N. 5. P. 36-39.

UDC 635.075/632.92

DISEASES OF TOMATO FRUIT STORAGE

Ekaterina V. Grosheva

researcher at the Biophotonics Research Laboratory

ekaterina2687@mail.ru

Marina V. Maslova

Candidate of Agricultural Sciences

marinamaslova2009@mail.ru

Andrey V. Budagovsky

Doctor of Technical Sciences, Head of the Laboratory of Biophotonics

budagovsky@mail.ru

Olga N. Budagovskaya

Doctor of Technical Sciences

leading Researcher at the Biophotonics Research Laboratory

budagovsky@mail.ru

Michurinsk State Agrarian University

Michurinsk, Russia,

Annotation. The article discusses the issues of damage to tomato fruits during the period of growth, development and post-harvest storage. The main pathogens and mechanisms of protection against their damage are described.

Keywords. Tomato fruits, fungal diseases, defense mechanisms.

Статья поступила в редакцию 05.09.2023; одобрена после рецензирования 16.10.2023; принята к публикации 27.10.2023.

The article was submitted 05.09.2023; approved after reviewing 16.10.2023; accepted for publication 27.10.2023.