Растителна защита

електронно списание за растителна защита
семена, торове и земеделие
ISSN 2815-522X

Значение на причинителите на бактерийното струпясване (Xanthomonas euvesicatoria pv. euvesicatoria и Xanthomonas vesicatoria) по пипер

гл. ас. д-р Катя Василева, ИЗК "Марица" - Пловдив

Дата 08.08.2026 | **Брой** 8/2026 | **ISSN** 2815-522X | **Език** BG
www.plant-protection.com/article/2448?lang=bg





Резюме

Бактерийното струпясване, причинявано от представители на род *Xanthomonas*, е едно от най-значимите заболявания по пипер (*Capsicum annuum*) в световен мащаб. Болестта е особено разрушителна в топли и влажни региони, където условията благоприятстват бързото развитие и разпространение на патогена. Симптомите започват като дребни воднисти петна, които потъмняват и се обграждат от хлорозен ореол, а при силни инфекции водят до дефолиация и значителни загуби на добив. Патогените (*Xanthomonas euvesicatoria* pv. *euvesicatoria* и *X. vesicatoria*) демонстрират висока генетична хетерогенност, разширяващ се кръг от гостоприемници и сложни механизми на патогенност. Разпространението се осъществява чрез семена, въздух, вода, насекоми и човешка дейност, което обуславя широката биогеография на заболяването. Диагностиката включва традиционни и модерни методи, а управлението – медни препарати, биологичен контрол и селекция на устойчиви сортове. Въпреки напредъка, бактерийното струпясване остава сериозно предизвикателство за производителите, изискващо интегрирани подходи за ранно откриване и устойчиво управление.



Пиперът (*Capsicum annuum*) е една от водещите зеленчукови култури в световен мащаб, с висока икономическа и хранителна значимост. Производството му често е ограничавано от бактериални болести, сред които бактерийните петна (bacterial

spot), причинявано от представители на род *Xanthomonas* (Osdaghi et al., 2021). Заболяването е особено разрушително в региони с топъл и влажен климат, където условията благоприятстват бързото развитие и разпространение на патогена (Potnis et al., 2015).

Таксономията на причинителите е претърпяла многобройни промени – от първоначалното описание като *Bacterium vesicatorium* до съвременната класификация, включваща *X. euvesicatoria* pv. *euvesicatoria*, *X. euvesicatoria* pv. *perforans*, *X. hortorum* pv. *gardneri* и *X. vesicatoria* (Osdaghi et al., 2021).

Основният гостоприемник е *Capsicum annuum*, но са описани прояви и при други видове като *C. frutescens*, *C. chinense* и *C. pubescens*. Различните раси на патогена проявяват специфичност – някои линии инфектират само домат, други само пипер, а трети и двата гостоприемника (Kebede et al., 2014).

Представителите на род *Xanthomonas* са типични фитопатогенни бактерии, широко разпространени в различни климатични региони по света. Те причиняват заболявания с разнообразни симптоми, включително некрози, увяхване, напетняване, трахеобактериози и паренхимни повреди по листа, стъбла и плодове. Кръгът от гостоприемници на тези бактерии обхваща 268 двусемеделни и 124 едносемеделни растителни вида, включително селскостопански и декоративни култури, горски видове и плевели. Значими икономически загуби се наблюдават при заболяванията по домати, пипер, фасул, соя, ориз, пшеница, памук и други култури (Scorticini, 1995).

Централно място в патогенността на *Xanthomonas* заема тип III секреторната система (T3SS) – ключов молекулярен механизъм, чрез който бактериите директно доставят ефекторни протеини в цитоплазмата на растителните клетки. Тези ефектори манипулират клетъчните процеси на гостоприемника, потискат имунните реакции и създават благоприятна среда за развитие на инфекцията. T3SS се кодира от 28 kb хромозомен *hrp* (hypersensitive response and pathogenicity) генен кластер, организиран в шест локуса. Мутации в *hrp* гените водят до загуба на патогенност в чувствителни растения и до липса на хиперчувствителна реакция (HR) в нечувствителни растения, което подчертава фундаменталната роля на тази система в растително-патогенните взаимодействия (Liu et al., 2005).

Диагностиката традиционно включва визуално наблюдение, изолиране и PCR анализи. Съвременни методи като хиперспектрална спектроскопия и предиктивно моделиране позволяват ранно откриване на инфекцията преди появата на видими симптоми (Reis Pereira et al., 2023), което е особено ценно при пипера, където визуалната диагностика често е затруднена от сходни симптоми, причинени от други стресови фактори.

Управлението на болестта традиционно се основава на медни препарати и антибиотици, но резистентността към тях вече е широко разпространена. Новите подходи включват биологичен контрол (бактериофаги, антагонистични микроорганизми), индуктори на системна резистентност и селекция на устойчиви сортове. Биогеографията на фитопатогенните бактерии е ключов елемент от тяхната екология, като за много видове е характерно ограничено разпространение, обусловено от климатичните условия, наличието на подходящи гостоприемници и специфични екологични ниши. В контраст с това, причинителите на бактерийното струпясване демонстрират изключително широко географско разпространение. Те са установени в различни части на света, но най-често се срещат в тропическите и субтропическите региони, където високата влажност и температури създават оптимални условия за тяхното развитие и разпространение. Един от основните фактори, допринасящи за глобалното им разпространение, е движението на заразени семена, което позволява пренасяне на патогена на големи разстояния и въвеждането му в нови производствени райони (Kebede et al., 2014).

Бактериите преживяват епифитно върху растителната повърхност и могат да бъдат пренасяни на значителни разстояния чрез дъждовни капки, вятър или комбинация от двата фактора (Vidaver and Lambrecht, 2004). Епифитните популации, включително тези от латентни инфекции, представляват важен резервоар на инокулационен материал, който при благоприятни условия може да доведе до бързо и масово развитие на болестта .

Бактерийното струпясване по пипер остава сериозно предизвикателство за производителите, като съвременните молекулярни и спектрални технологии откриват нови перспективи за ранна диагностика и устойчиво управление на заболяването.

Материал и методи

Изследванията върху бактерийното струпясване по пипер традиционно се базират на многоетапни експериментални подходи, които комбинират събиране и характеристика на патогенни изолати, молекулярна идентификация и фенотипна оценка на устойчивостта на различни генотипове *Capsicum annuum*.

В практиката се използват както български, така и интродуцирани сортове и линии, заедно с референтни и новоизолирани щамове на *Xanthomonas vesicatoria* и *X. euvesicatoria*. Инокулациите се извършват при контролирани условия в климатични камери или оранжерии, което позволява надеждна оценка на патогенността (Vasileva and Bogatzevska, 2021).

За осигуряване на методологична достоверност се използват контроли, референтни щамове и чувствителни генотипове, както и вътрешни PCR стандарти при молекулярните анализи.

Резултати

Патогените от род *Xanthomonas* са биотрофични и некрогенни организми – две характеристики, които отразяват различни етапи от взаимодействието им с растението-гостоприемник. Биотрофичният етап се свързва с ранното размножаване на бактериите преди появата на видими симптоми, когато патогенът използва живи растителни клетки като източник на хранителни вещества. Некрогенният етап настъпва по-късно и се характеризира с индуциране на клетъчна смърт и некроза, което води до типичните симптоми на заболяването. Тази двуфазна стратегия е подпомогната от богат арсенал от фактори на патогенност и вирулентност, които позволяват на бактериите да преодолеят защитните механизми на растението, да избегнат разпознаването от имунната система, да осигурят достъп до хранителни вещества и да повишат своята репродуктивна успеваемост (Abramovich and Martin, 2004).

Климатичните условия в България през периода май–септември, създават изключително благоприятна среда за поява и развитие на бактерийното струпясване по пипер, причинявани от *X. euvesicatoria* и *X. vesicatoria*. Високите температури, които устойчиво се задържат в диапазона 24–30°C, съвпадат с оптимума за епифитно развитие, размножаване и инфекциозен потенциал на бактериите. При тези условия бактериите формират големи популации върху листната повърхност, а тъканите на младите растения остават физиологично уязвими към проникване през устицата и хидатодите. Валежните пикове, през отделните години, допълнително усилват риска от епидемично развитие, тъй като дъждовните капки са основният механизъм за разпространение на инокулума между растенията.

Високата атмосферна и повърхностна влажност след валежи създава воден филм върху листата, който улеснява проникването на бактериите и води до масово заразяване, особено в периода юни–юли, когато температурите и влажността съвпадат. В тези условия първоначалните воднисти петна се развиват бързо, потъмняват и се обграждат от хлоротичен ореол, а при последващи валежи се наблюдава вторично заразяване и сливане на лезиите, което води до дефолиация и пръстеновидна некроза на дръжките (Фигура 1).



Фигура 1. Симптоми на бактерийни петна по листата на пипер

Периодите с по-високи валежи в активния вегетационен период показват изразена тенденция към по-силни епидемии, докато по-сухите сезони ограничават развитието на болестта, но не предотвратяват появата на локални инфекции. Комбинацията от високи температури и периоди на повишена влажност, обуславя устойчиво присъствие на бактерийното струпясване и създава предпоставки за ежегодни епидемични пикове при чувствителни сортове, особено когато се използва заразен семенен материал или се наблюдава наличие на епифитни популации от предходни години.

Освен чрез природни фактори, разпространението на патогените може да се осъществява и чрез човешка дейност. Селскостопанските работници, техниката и инструментите, използвани при отглеждането на културите, могат да служат като механични вектори. Поливните води, особено при прекомерно напояване, са един от най-ефектив-

ните пътища за пренасяне на бактерии от растение към растение. Насекомите също могат да действат като вектори, подпомагайки разпространението на патогена и дори селективно елиминирайки конкурентни микроорганизми в растителната микросреда. Самораслите растения и плевелите допълнително усложняват епидемиологията на заболяването, като служат като алтернативни гостоприемници и резервоари на инфекцията.

Семената представляват един от най-важните пътища за разпространение на фитопатогенните бактерии. Освен че патогените могат да се придвижват във вегетативните органи на растението, те проникват и в плодовете и семената, което води до външно или вътрешно контаминиране на семенния материал. Замърсените семена са особено значим източник на инокулум в съоръжения за производство на разсад, където високата температура и влажност създават идеални условия за бързо развитие и разпространение на заболяването. В такива среди дори минимално количество патоген може да доведе до масова инфекция.

Въздухът е друг важен фактор за пренасяне на фитопатогенни бактерии. Той съдържа почвени частици и фрагменти от сухи растителни остатъци, върху които могат да се намират жизнеспособни бактерии. Много фитопатогенни видове образуват извънклетъчни екзополизахариди, които формират нишковидни структури върху растителната повърхност. При изсъхване тези нишки се накъсват и попадат във въздуха, където се пренасят на различни разстояния чрез въздушните течения. Този механизъм позволява дискретно, но ефективно разпространение на патогена в полски условия.

Човешката дейност допълнително усилва разпространението на фитопатогенните бактерии. Човекът е изключително ефективен в преместването на растителни и животински патогени от райони, където те са добре познати, към нови региони, в които липсва информация за тяхното присъствие. Транспортирането на посадъчен материал, обменът на семена, движението на селскостопанска техника и дори ежедневните дейности на работниците в полето могат да доведат до неволно пренасяне на патогена. В глобализирания свят този механизъм се превръща в ключов фактор за появата на нови огнища и за разширяване на ареала на фитопатогенните бактерии.

Българските изследвания върху *Xanthomonas euvesicatoria* и *X. vesicatoria* показват ясно изразено видово, патотипно и расово разнообразие, с доминиране на PT патотипа и раси P4T2 и P6. Природните популации са силно хетерогенни по симптоматика, фенотип и генотип, като при *X. euvesicatoria* най-разпространена е раса P6, а при *X. vesicatoria* – P2. Паралелно са оценени над 270 генотипа пипер, класифицирани по устойчивост чрез ms и Di%, което позволява разграничаване от имунни до силно чувствителни форми. Идентифицирани са пет генотипа с пълна имунна реакция, а интегрираната оценка на плодовите характеристики подпомага селекцията за комплексна устойчивост и агрономична стойност. Националното картографиране потвърждава географска специфика и генетична хетерогенност, включително чрез ефекторни гени AvrBs3/AvrBs4. Допълнителни тестове показват вариабилна чувствителност на щамове *Xanthomonas* към медни препарати, като изолатите от домати са по-чувствителни от тези от пипер, а ефектът се засилва с повишаване на концентрацията. (Vasileva and Bogatzevska, 2021; Vasileva and Bogatzevska, 2022; Василева, 2023; Василева и Тодорова, 2024).

Регулирането на разпространението и контрола на болестите по растенията представлява едно от основните звена в растителната защита. Производството на храни с добри количествени и качествени показатели е в непрекъсната зависимост от растения с продължителна устойчивост към различни патогенни организми. Вредния ефект от пестицидите върху околната среда, хранителната продукция и човешкото здраве налага все по-строги ограничения за тяхната употреба.

Химичните средства продължават да бъдат основен елемент в практиката за контрол на бактериалните заболявания по растенията, като медните препарати, включително разтворът на меден сулфат, традиционно се използват за ограничаване развитието на патогените. Въпреки широкото им приложение, редица изследвания показват, че представителите на род *Xanthomonas* проявяват значителна вариабилност в чувствителността си към медните катиони. Документирани са случаи на намалена чувствителност и дори стабилна резистентност, което поставя под въпрос ефективността на медните формулации при определени популации на патогена. Тази резистентност има важно практическо значение, тъй като може да доведе до неуспех на стандартните контролни мерки

и да наложи използването на алтернативни или комбинирани подходи за управление на заболяването.

Още по темата:

Бактерийно струпясване по пипера в България

Литература

[1] Abramovitch R. B. and Martin G. B. (2004) Strategies used by bacterial pathogens to suppress plant defenses. Curr. Opin. Plant Biol. 7, 356–364

[2] Kebede M., Timilsina S., Ayalew A., Admassu B., Potnis N., Minsavage G. V., et al. (2014) Molecular characterization of Xanthomonas strains responsible for bacterial spot of tomato in Ethiopia. Eur. J. of Plant Pathol., 1-12.

[3] Osdaghi, E., Jones, J. B., Sharma, A., Goss, E. M., Abrahamian, P., Newberry, E. A., ... & Vallad, G. E. (2021). A centenary for bacterial spot of tomato and pepper. *Molecular Plant Pathology, 22*(11), 1500–1519.

[4] Potnis, N., Timilsina, S., Strayer, A., Shantharaj, D., Barak, J. D., Paret, M. L., ... & Jones, J. B. (2015). Bacterial spot of tomato and pepper: insights into pathogen biology, host resistance, and management. *Plant Disease, 99*(11), 1464–1476.

[5] Reis Pereira, M., Santos, F. N., Tavares, F., & Cunha, M. (2023). Enhancing host-pathogen phenotyping dynamics: early detection of tomato bacterial diseases using hyperspectral point measurement and predictive modeling. *Frontiers in Plant Science, 14*, 1242201.

[6] Scortichini M. (1995) Le malattie batteriche delle colture agrarie e delle specie forestali. Edagricole- Edizioni Agricole, Bologna

[7] Vasileva, K. & Todorova, V. (2024). Evaluation of pepper breeding lines and accessions to Xanthomonas euvesicatoria and X. vesicatoria and fruit traits. Bulgarian Journal of Agricultural Science, 30(1), 141-150. https://www.webofscience.com/wos/woscc/full-record/WOS:001181663500002

[8] Vasileva, K. (2023). Reaction of species X. vesicatoria and X. euvesicatoria to copper products. New knowledge Journal of science, 12(1), 61-65. https://science.uard.bg/index.php/newknowledge/article/view/952/pdf_380

[9] Vasileva, K., & Bogatzevska, N. (2019). Races of bacterial spot pathogen infecting genus Capsicum in Bulgaria. Agricultural Science and Technology, 11(2), 113-117. https://www.webofscience.com/wos/alldb/full-record/CABI:20193332554

[10] Vasileva, K., & Bogatzevska, N. (2021). Statistical analysis of resistance variability of pepper accessions to Xanthomonas euvesicatoria and Xanthomonas vesicatoria. Agricultural Science and Technology, 13(4), 339-343. https://www.webofscience.com/wos/alldb/full-record/CABI:20220013883

[11] Vasileva, K., & Bogatzevska, N. (2022). Resistance of pepper types to Xanthomonas euvesicatoria and Xanthomonas vesicatoria-impact of the species, races and hosts specialization. Agricultural Science and Technology, 14(2), 44–53. https://www.webofscience.com/wos/alldb/full-record/CABI:20220383481

[12] Vidaver A.K. and Lambrecht P.A. (2004) Bacteria as plant pathogens. The Pl. Health Instr. DOI: 10.1094/PHI-I-2004-0809-01