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

Значение возбудителей бактериальной парши (Xanthomonas euvesicatoria pv. euvesicatoria и Xanthomonas vesicatoria) на перце

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

Дата 08.08.2026 | **Выпуск** 8/2026 | **ISSN** 2815-522X | **Язык** RU
www.plant-protection.com/article/2448?lang=ru





Резюме

Бактериалната петнистост, причинена от представители на род *Xanthomonas*, е едно от най-значимите заболявания на пипера (*Capsicum annuum*) в световен мащаб. Болестта е особено разрушителна в топли и влажни райони, където условията благоприятстват бързото развитие и разпространение на патогена. Симптомите започват като малки, напоени с вода лезии, които потъмняват и се обграждат от хлоротичен ореол, а при тежки 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 става чрез семена, въздух, вода, насекоми и човешка дейност, което определя широката биогеография на болестта. Диагностиката включва традиционни и съвременни методи, а управлението включва продукти на основата на мед, биологичен контрол и селекция на устойчиви сортове. Въпреки напредъка, бактериалната петнистост 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 ограничено от бактериални бо-

лести, сред които бактериалната петнистост, причинена от представители на род *Xanthomonas* (Osdaghi et al., 2021). Болестта е особено разрушителна в райони с топъл и влажен климат, където условията благоприятстват бързото развитие и разпространение на патогена (Potnis et al., 2015).

Таксономията на причинителите е претърпяла множество 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 случаи и при други видове като *C. frutescens*, *C. chinense* и *C. pubescens*. Различните раси на патогена проявяват специфичност – някои щамове заразяват само домати, 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 райони по света. Те причиняват заболявания с разнообразни симптоми, включително некрози, увяхване, петнистост, трахеобактериози и паренхимни увреждания 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. Значителни икономически загуби се наблюдават при заболявания по домати, пипер, фасул, соя, ориз, пшеница, памук и други култури (Scortichini, 1995).

Централно място в патогенността на *Xanthomonas* заема секреторната система от тип III (T3SS) – ключов молекулен механизъм, чрез който бактериите директно доставят ефекторни протеини в цитоплазмата на растителните клетки. Тези ефектори манипулират клетъчните процеси на гостоприемника, потискат имунните отговори и създават благоприятна среда за развитие на инфекцията. T3SS е кодирана от хромозомен *hrp* (свръхчувствителна реакция и патогенност) генен клъстер с размер 28 kb, организиран в шест локуса. Мутациите в *hrp* гените водят до загуба на патогенност при податливи растения и липса на свръхчувствителна реакция (HR) при устойчиви растения, което подчертава основната роля на тази система във взаимодействията растение-патоген (Liu et al., 2005).

Диагностиката традиционно включва визуално наблюдение, изолиране и PCR анализи. Съвременните методи като хиперспектрална спектроскопия и предсказващо 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 подобни симптоми, причинени от други стрес фактори.

Управлението на болестта традиционно разчита на продукти на основата на мед и антибиотици, но резистентността към тях вече е широко разпространена. Новите подходи включват биологичен контрол (бактериофаги, антагонистични микроорганизми), индуктори на системна устойчивост и селекция на устойчиви сортове. Биогеографията на фитопатогенните бактерии е ключов елемент от тяхната екология, като много видове се характеризират с ограничено разпространение, определено от климатичните условия, наличието на подходящи гостоприемници и специфични екологични ниши. За разлика от тях, причинителите на бактериалната петнистост демонстрират изключително широко географско разпространение. Те са установени в различни части на света, но най-често се срещат в тропически и субтропически райони, 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 на патогена да бъде транспортиран на дълги разстояния и въведен в нови производствени райони (Kebede et al., 2014).

Бактериите оцеляват епифитно по повърхността на растението и могат да бъдат транспортирани на значителни разстояния чрез дъждовни пръски, вятър или комбинация от двата фактора (Vidaver and Lambrecht, 2004). Епифитните популации, включително тези от латентни инфекции, представляват важен резервоар на инокулум, който при благоприятни условия може да доведе до бързо и масово развитие на болестта.

Бактериалната петнистост по пипера остава сериозно предизвикателство за производителите, като съвременните молекулярни и спектрални технологии откриват нови перспективи за ранна диагностика и устойчиво управление на болестта.

Материали и методи

Изследванията на бактериалната петнистост по пипера традиционно разчитат на многоетапни експериментални подходи, които съчетават събиране и характеризиране на патогенни изолати, молекулярна идентификация и фенотипна оценка на устойчивостта при различни генотипи *Capsicum annuum*.

На практика 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 надеждност се използват контроли, референтни щамове и податливи генотипове, както и вътрешни PCR стандарти в молекулярните анализи.

Резултати

Патогените от род *Xanthomonas* са биотрофни и некрогенни организми – две характеристики, които отразяват различни етапи от тяхното взаимодействие с гостоприемника. Биотрофният стадий е свързан с ранно бактериално размножаване преди появата на видими симптоми, когато патогенът използва живи растителни клетки като източник на хранителни вещества. Некрогенният стадий настъпва по-късно и се характеризира с индуциране на клетъчна смърт и некроза, водещи до типичните симптоми на болестта. Тази двуфазна стратегия се поддържа от богат арсенал от фактори на патогенност и вирулентност, които позволяват на бактериите да преодолеят защитните механизми на растенията, да избегнат разпознаването от имунната система, да осигурят достъп до хранителни вещества и да увеличат своя репродуктивен успех (Abramovich and Martin, 2004).

Климатичните условия в България през периода май–септември създават изключително благоприятна среда за появата и развитието на бактериална петнистост по пипера, причинена от *X. euvesicatoria* и *X. vesicatoria*. Високите температури, които постоянно 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 по повърхността на листата, а тъканите на младите растения остават физиологично уязвими за проникване през устицата и хидатодите. Пиковете на валежите, в отделни години, допълнително усилват риска от епидемично развитие, тъй като дъждовните пръски са основният механизъм за разпространение на инокулума между растенията.

Високата атмосферна и повърхностна влажност след валежи създава воден филм върху листата, който улеснява бактериалното проникване и води до масово заразяване, особено през юни–юли, когато температурите и влажността съвпадат. При тези условия първоначалните напоени с вода лезии се развиват бързо, потъмняват и се обграждат от хлоротичен ореол, а при последващи валежи се наблюдават вторична инфекция и сливане на лезиите, водещи до дефолиация и пръстеновидни некрози по дръжките (Фигура 1).



Фигура 1. Симптоми на бактериална петнистост по листа на пипер

Периодите с по-обилни валежи през активния вегетационен сезон 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 определя постоянното присъствие на бактериалната петнистост и създава условия за ежегодни епидемични пикове при податливи сортове, особено когато се използва заразен семенен материал или има епифитни популации от предходни години.

В допълнение към природните фактори, разпространението на патогените може да стане и чрез човешка дейност. Селскостопанските работници, машините и инструментите, използвани при отглеждането на културите, могат да служат като механични вектори. Поливната вода, особено при прекомерно поливане, е един от най-ефективните пъ-

тища за пренасяне на бактерии от растение на растение. Насекомите също могат да действат като вектори, подпомагайки разпространението на патогена и дори селективно елиминирайки конкуриращи се микроорганизми в микросредата на растението. Доброволните растения и плевелите допълнително усложняват епидемиологията на болестта, служейки като алтернативни гостоприемници и резервоари на инфекция.

Семената представляват един от най-важните пътища за разпространение на фитопатогенните бактерии. Освен че се движат през вегетативните органи на растението, патогените проникват и в плодовете и семената, което води до външно или вътрешно замърсяване на семенния материал. Замърсените семена са особено значим източник на инокулум в разсадниците, където високата температура и влажност създават идеални условия за бързо развитие и разпространение на болестта. В такива среди дори минимално количество патоген може да доведе до масово заразяване.

Въздухът е друг важен фактор за пренасянето на фитопатогенни бактерии. Той съдържа почвени частици и фрагменти от сухи растителни остатъци, върху които могат да се намерят жизнеспособни бактерии. Много фитопатогенни видове произвеждат извънклетъчни екзополизахариди, които образуват нишковидни структури по повърхността на растението. При изсъхване тези нишки се разпадат на фрагменти и стават въздушни, където се пренасят на различни разстояния от въздушни течения. Този механизъм позволява дискретно, но ефективно разпространение на патогена в полеви условия.

Човешката дейност допълнително усилва разпространението на фитопатогенните бактерии. Хората са изключително ефективни в преместването на растителни и животински патогени от региони, където те са добре познати, в нови региони, където информацията за тяхното присъствие липсва. Транспортът на посадъчен материал, обменът на семена, движението на селскостопанска техника и дори ежедневните дейности на полските работници могат да доведат до непреднамерено пренасяне на патогени. В глобализирания свят този механизъм се превръща в ключов фактор за появата на нови огнища и разширяването 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 расите P4T2 и P6. Естествените популации са силно хетерогенни по симптоматика, фенотип и генотип, като раса P6 е най-широко разпространена при *X. euvesicatoria*, а раса P2 – при *X. vesicatoria*. Паралелно с това, над 270 генотипа пипер са оценени и класифицирани за устойчивост чрез ms и Di%, което позволява диференциация от имунни до силно податливи форми. Идентифицирани са пет генотипа с пълен имунен отговор, а интегрираната оценка на характеристиките на плода подпомага селекцията за комплексна устойчивост и агрономическа стойност. Националното картиране потвърждава географска специфичност и генетична хетерогенност, включително чрез ефекторните гени AvrBs3/AvrBs4. Допълнителни тестове показват променлива чувствителност на щамове *Xanthomonas* към медни продукти, като доматените изолати са по-чувствителни от тези от пипер, а ефектът се увеличава с по-висока концентрация. (Vasileva and Bogatzevska, 2021; Vasileva and Bogatzevska, 2022; Vasileva, 2023; Vasileva and Todorova, 2024).

Регулирането на разпространението и контролът на растителните болести представлява едно от основните звена в растителната защита. Производството на храни с добри количествени и качествени показатели е в непрекъсната зависимост от растения с трайна устойчивост към различни патогенни организми. Вредното въздействие на пестицидите върху околната среда, производството на храни и човешкото здраве налага все по-строги ограничения върху тяхната употреба.

Химичните агенти продължават да бъдат основен елемент в практиката за контрол на бактериалните болести по растенията, като продуктите на основата на мед, включително разтвор на меден сулфат, традиционно се използват за ограничаване развитието на патогена. Въпреки широкото им приложение, множество проучвания показват, че представителите на род *Xanthomonas* проявяват значителна променливост в чувствителността към медни катиони. Документирани са случаи на намалена чувствителност и дори стабилна резистентност, което поставя под въпрос ефективността на медните формулировки срещу определени популации на патогена. Тази резистентност има важно практическо значение, тъй като може да доведе до провал на стандартните мерки за контрол и да наложи използването на алтернативни или комбинирани подходи за управление на болестта.

Още по темата:

Бактериална петнистост 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