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

Црна трулеж на крсташицама – једна од најопаснијих болести

доц. д-р Катя Василева, Институт по зеленчуковите култури "Марица" – Пловдив

Датум 17.10.2026 | **Број** 10/2026 | **ISSN** 2815-522X | **Језик** SR
www.plant-protection.com/article/2490?lang=sr



Apstrakt Crna trulež je prepoznata kao najznačajnija bakterijska bolest kupusa i drugih useva iz porodice Brassicaceae, zbog svoje široke rasprostranjenosti, visoke agresivnosti i značajnih ekonomskih gubitaka. Uzročnik bolesti je bakterija Xanthomonas campestris pv. campestris. Infekcija može početi u praktično bilo kojoj fazi razvoja biljke — od klijanja inficiranog semena do potpuno razvijene zrelosti. Bolest može ostati latentna nedeljama, što otežava ranu dijagnozu i omogućava neprimećeno širenje unutar useva. Pored inficiranog semena, bolest se takođe širi iz zemljišta, biljnih ostataka, kao i putem različitih prirodnih i mehaničkih faktora kao što su vetar, insekti, kapi vode, kiša ili poljoprivredne mašine. Ključne reči: crna trulež, bakterija, porodica Brassicaceae Crna trulež je jedna od najozbiljnijih i najrazornijih bakterijskih bolesti useva iz porodice Brassicaceae, rasprostranjena u svim agro-klimatskim zonama sveta (Singh and Dhar, 2011). Pogađa kako povrtarske useve kao što su kupus, karfiol, brokoli, repa i rotkvica, tako i divlje vrste krstašica koje služe kao rezervoar patogena. To čini bolest posebno teškom za kontrolu, jer se izvori infekcije često nalaze van gajenih površina. Uzročnik Xanthomonas campestris pv. campestris (Pammel) Dowson je semenom prenosiva, gram-negativna, aerobna bakterija koju karakteriše visoka adaptabilnost, značajna raznolikost rasa i sposobnost sistemskog prodiranja u vaskularna tkiva. Bolest je opisana kao "jedna od najrazornijih" za useve krstašica, sa gubicima u teško pogođenim regionima koji dostižu do 30% prinosa (Preethi & Umesha, 2025). U povoljnim uslovima — obilne padavine, visoka vlažnost i temperature između 25 i 30°C — bolest postaje još štetnija i dovodi do značajnih gubitaka (Vega Álvarez et al., 2021). Infekcija može nastupiti u bilo kojoj fazi razvoja biljke — od klijanja inficiranog semena do zrelosti. Glavni put širenja je putem inficiranog semena, gde čak i minimalni nivoi bakterije mogu dovesti do epidemija (Liu et al., 2022). To je poseban problem u proizvodnji rasada, gde se veliki broj biljaka gaji u ograničenom prostoru i infekcija se može brzo širiti. Patogen se takođe prenosi putem kontaminiranog zemljišta, biljnih ostataka, vetra, insekata, aerosola, vode za navodnjavanje, kiše i poljoprivrednih mašina (Vicente and Holub, 2013). Xanthomonas campestris pv. campestris preživljava u biljnim ostacima do dve

godine, što naglašava važnost dobrih higijenskih praksi i pravilnog upravljanja biljnim otpadom. Bakterije najčešće prodiru kroz hidatode na ivicama listova — prirodne otvore kroz koje biljke izlučuju vodu. Hidatode predstavljaju svojevrsnu "slabu tačku" u tkivu lista, jer su direktno povezane sa vaskularnim sistemom i ne poseduju barijere protiv patogena koje su efikasne kao epidermis. Kada su kapljice vode od kiše ili navodnjavanja prisutne na listovima, bakterije se lako kreću ka ovim otvorima i prodiru u tkiva. To objašnjava zašto se prvi simptomi često pojavljuju na ivicama listova — zoni gde su hidatode najbrojnije i najaktivnije. Patogen takođe može prodreti kroz rane prouzrokovane mašinama, insektima, životinjama, kišom ili vetrom. Čak i mikroskopska oštećenja epidermisa dovoljna su da omoguće bakterijama ulazak. Tokom obilnih padavina ili grada, rizik od infekcije naglo raste, jer mehaničke povrede listova i stabala stvaraju brojne ulazne tačke. Insekti koji se hrane tkivom lista takođe olakšavaju prodiranje prenoseći bakterije na stome i rane. Nakon prodiranja, bakterije se šire intercelularno, prvo kolonizujući mezofil — tkivo odgovorno za fotosintezu. U ovoj ranoj fazi, infekcija često ostaje neprimećena, jer je biljka još uvek sposobna da kompenzuje lokalna oštećenja. Postepeno, međutim, patogen dospeva do vaskularnog sistema, gde se intenzivno razmnožava i izaziva brzo sistemsko širenje. U ksilemu, bakterije proizvode egzopolisaharide i enzime koji začepljuju vaskularne sudove i remete kretanje vode. Istovremeno, uočava se kolaps ksilema, širenje bakterije u okolne parenhimske ćelije, ćelijska smrt i formiranje šupljina. Te šupljine su često ispunjene bakterijskim eksudatom, koji se pri preseku pojavljuje kao žućkaste kapljice. U vlažnom i toplom vremenu, infekcija se razvija izuzetno brzo. Visoka vlažnost olakšava kretanje bakterija po površini lista, a toplota ubrzava njihovu deobu — u optimalnim uslovima, populacija se može udvostručiti za manje od jednog sata. Stoga se vidljivi simptomi mogu pojaviti u roku od nekoliko sati, posebno kod mladih biljaka čija su tkiva mekša i podložnija sistemskom prodiranju. Simptomi su visoko karakteristični i uključuju (Slika 1): • velike, često V-oblikovane hlorotične pege na periferiji lista, usmerene ka glavnom nervu; • crnjenje nerava i vaskularnih sudova u listovima, peteljkama i stablu; • zaostajanje u rastu, jednostrano rastenje i prevremeno opadanje listova; • sistemsko venjenje i tamnjenje unutrašnjih tkiva; • kod repe i rotkvice — suva trulež mesnatih korena; • kod kupusa i karfiola — promena boje i truljenje glavica. Na poprečnom preseku uočavaju se pocrnela vaskularna tkiva, žute kapljice eksudata i šupljine ispunjene bakterijama. Inficirane površine često bivaju sekundarno napadnute bakterijama koje izazivaju meku trulež, koje uništavaju tkiva i proizvode neprijatan miris. To dodatno pogoršava kvalitet proizvoda i čini ga nepodobnim za konzumaciju ili skladištenje. Slika 1. Crna trulež na listovima kupusa Brojne patogene rase Xanthomonas campestris pv. campestris su prijavljene kod različitih Brassica vrsta. Prvobitno su Vicente et al. (2001) identifikovali šest rasa (1–6). Kasnije su Fargier and Manceau (2007) dodali još tri (7–9), a nedavno su dve nove rase — 10 i 11 — opisane u Portugalu (Cruz et al., 2017). Trenutno je poznato jedanaest fizioloških rasa, pri čemu su rase 1 i 4 najagresivnije i najrasprostranjenije (Lema et al., 2012a; Vicente and Holub, 2013). Otpornost na crnu trulež je poligenska i uključuje složene ćelijske i biohemijske odbrambene mehanizme (Deng et al., 2023). Genomski pristupi — sekvenciranje celokupnog genoma, multilokus analiza i komparativna genomika — omogućavaju bolje razumevanje evolucije, patogenosti i distribucije različitih sojeva. Ovo znanje podržava oplemenjivačke programe i ubrzava razvoj otpornih sorti. Efikasni kurativni agensi nedostaju, pa je upravljanje pretežno preventivno. Kontrola crne truleži zasniva se na kombinaciji higijenskih, agrotehničkih, bioloških i oplemenjivačkih pristupa usmerenih na ograničavanje primarnih izvora infekcije i smanjenje uslova povoljnih za razvoj patogena. Najvažnije mere uključuju: • korišćenje semena i rasada bez bakterija — ovo je ključni element, jer je prenos semenom primarni mehanizam za nastanak epidemija. Čak i minimalna količina bakterija na semenu može dovesti do masovne infekcije u proizvodnji rasada. Stoga su sertifikovani semen ski materijal i redovno testiranje molekularnim metodama (PCR, Bio-PCR) kritični za bezbedan početak proizvodnog ciklusa. • tretman semena toplom vodom (50°C tokom 30 min) — ova metoda je jedna od retkih dokazano efikasnih protiv Xanthomonas campestris pv. campestris. Toplota uništava bakterije na površini semena bez oštećenja klijavosti. Postupak je posebno koristan za seme sačuvano kod kuće ili kada se sumnja na kontaminaciju. • uništavanje biljnih ostataka i poštovanje plodoreda (najmanje 2 godine bez Brassica) — patogen može preživeti u biljnim ostacima do dve godine, što čini pravilno upravljanje otpadom ključnim. Dug plodored prekida životni ciklus bakterije i smanjuje njeno nakupljanje u zemljištu. Spaljivanje ili duboko zaoravanje inficiranih ostataka

sprečava sekundarne infekcije. • izbegavanje navodnjavanja kišenjem — kapi vode olakšavaju kretanje bakterija po površini lista i olakšavaju njihovo prodiranje kroz hidatode. Kod navodnjavanja kišenjem, rizik od infekcije se višestruko povećava, posebno po toplom vremenu. Preferira se navodnjavanje kapanjem, jer održava lisnu masu suvom i ograničava širenje patogena. • suzbijanje korova iz porodice Brassicaceae — divlje vrste krstašica često služe kao prirodni rezervoar za Xcc. Korovi kao što su divlja slačica, uljana repica ili divlje krstašice mogu održavati populaciju patogena u polju čak i u odsustvu gajenih biljaka. Njihovo redovno uklanjanje smanjuje rizik od primarne infekcije. • prskanje bakarnim fungicidima u intervalima od 10 dana radi ograničavanja površinske bakterijske populacije — bakarni preparati ne leče sistemsku infekciju, ali smanjuju broj bakterija na površini lista i ograničavaju sekundarne infekcije. Najefikasniji su kao deo integrisane strategije i primenjuju se preventivno, posebno tokom perioda visoke vlažnosti. • biološke metode — antagonistički mikroorganizmi i induktori otpornosti — ovo je brzo razvijajuće polje. Sojevi Bacillus, Pseudomonas i aktinomiceta pokazuju obećavajuće rezultate u suzbijanju Xcc kroz kompeticiju, proizvodnju antimikrobnih supstanci ili stimulaciju imuniteta biljke. Induktori otpornosti aktiviraju odbrambene mehanizme biljke, ali se još uvek proučavaju optimalne doze, stabilnost i efikasnost u polju (Liu et al., 2022). • dugoročna strategija: oplemenjivanje otpornih sorti, podržano molekularnim markerima i selekcijom potpomognutom genomikom — ovo je najperspektivniji pristup za održivo smanjenje gubitaka. Otpornost na crnu trulež je poligenska, što tradicionalno oplemenjivanje čini teškim. Savremene genomske tehnologije omogućavaju identifikaciju QTL-ova povezanih sa otpornošću i ubrzavaju stvaranje sorti koje mogu ograničiti sistemski razvoj patogena. U budućnosti, uređivanje genoma i selekcija potpomognuta markerima verovatno će postati glavni alat za kontrolu bolesti. Crna trulež ostaje jedna od najizazovnijih bolesti krstašica jer kombinuje visoku agresivnost, lako širenje i nedostatak efikasnog lečenja. Ipak, pravovremena prevencija, pažljiva kontrola semena i dobre agrotehničke prakse značajno smanjuju rizik od epidemija. Savremeni genomski pristupi i oplemenjivački programi daju nadu za stvaranje otpornih sorti koje će u budućnosti obezbediti stabilniju i bezbedniju proizvodnju kupusnjača. Tako se borba protiv crne truleži postepeno transformiše iz teškog zadatka u upravljiv proces zasnovan na znanju, prevenciji i naučnom napretku.

Literatura

[1] Cruz, J., Tenreiro, R., and Cruz, L. (2017). Assessment of diversity of Xanthomonas campestris pathovars affecting cruciferous plants in Portugal and disclosure of two novel X. campestris pv. campestris races. J. Plant Pathol. 99, 403–414. doi: 10.4454/jpp.v99i2.3890

[2] Deng, S., Kong, C., Ma, H., Ji, J., Wang, Y., Zhang, Y., Zhuang, M., Yang, L., Fang, Z., Taranov, V., Artemyeva, A. M., & Lv, H. (2023). Genetic and cellular basis of resistance to black rot caused by Xanthomonas campestris pv. campestris in Brassica rapa. Horticulturae, 11(6), 626.

[3] Fargier, E., and Manceau, C. (2007). Pathogenicity assays restrict the species Xanthomonas campestris into three pathovars and reveal nine races within X. campestris pv. campestris. Plant Pathol. 56, 805–818. doi: 10.1111/j.1365- 3059.2007.01648.x

[4] Lema, M., Cartea, M. E., Sotelo, T., Velasco, P., and Soengas, P. (2012a). Discrimination of Xanthomonas campestris pv. campestris races among strains from northwestern Spain by Brassica spp. genotypes and rep-PCR. Eur. J. Plant Pathol. 133, 159–169. doi: 10.1007/s10658-011-9929-5

[5] Liu, Z., Wang, H., Wang, J., Lv, J., Xie, B., Luo, S., Wang, S., Zhang, B., Li, Z., Yue, Z., & Yu, J. (2022). Physical, chemical, and biological control of black rot of Brassicaceae vegetables: A review. Frontiers in Microbiology, 13, 1023826.

[6] Preethi, S., & Umesha, S. (2025). Comprehensive insights into black rot of crucifers: Pathogen–host dynamics and sustainable control methods. Journal of Plant Diseases and Protection, 132.

[7] Singh, D., and Dhar, S. (2011). Bio-PCR based diagnosis of Xanthomonas campestris pathovars in black rot infected leaves of crucifers. Indian Phytopathol. 64, 506–516

[8] Vega-Álvarez, C., Francisco, M., and Soengas, P. (2021). Black rot disease decreases young Brassica oleracea plants' biomass but has no effect in adult plants. Agronomy 11:569. doi: 10.3390/agronomy11030569

[9] Vicente, J. G., and Holub, E. B. (2013). Xanthomonas campestris pv. campestris (cause of black rot of crucifers) in the genomic era is still a worldwide threat to brassica crops. Mol. Plant Pathol. 14, 2–18. doi: 10.1111/j.1364-3703.2012. 00833.x

[10] Vicente, J. G., Conway, J., Roberts, S. J., and Taylor, J. D. (2001). Identification and origin of Xanthomonas campestris pv. campestris races and related pathovars. Phytopathology 91, 492–499. doi: 10.1094/PHYTO.2001.91.5.492