Растителна защита

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

'Crna trulež na krstašicama – jedna od najopasnijih bolesti'

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

Datum 17.10.2026 | **Broj** 10/2026 | **ISSN** 2815-522X | **Jezik** HR
www.plant-protection.com/article/2490?lang=hr



Saţetak Crna trulež prepoznata je kao najznačajnija bakterijska bolest kupusa i drugih kultura iz porodice Brassicaceae, zbog široke rasprostranjenosti, visoke agresivnosti i značajnih ekonomskih gubitaka. Uzročnik bolesti je bakterija Xanthomonas campestris pv. campestris. Infekcija može započeti u gotovo svakoj fazi razvoja biljke — od klijanja zaraženog sjemena do potpuno razvijene zrelosti. Bolest može ostati latentna tjednima, što otežava ranu dijagnozu i omogućuje neprimjetno širenje unutar usjeva. Osim zaraženog sjemena, bolest se širi i iz tla, biljnih ostataka, kao i putem različitih prirodnih i mehaničkih čimbenika poput vjetra, kukaca, kapi vode, kiše ili poljoprivrednih strojeva. Ključne riječi: crna trulež, bakterija, porodica Brassicaceae Crna trulež jedna je od najozbiljnijih i najrazornijih bakterijskih bolesti kultura iz porodice Brassicaceae, rasprostranjena u svim agroklimatskim zonama svijeta (Singh and Dhar, 2011). Pogađa i povrtne kulture poput kupusa, cvjetače, brokule, repe i rotkvice, kao i divlje vrste krstašica koje služe kao rezervoar patogena. To čini bolest posebno teškom za suzbijanje, jer se izvori infekcije često nalaze izvan uzgojenih površina. Uzročnik Xanthomonas campestris pv. campestris (Pammel) Dowson je sjemenom prenosiva, gram-negativna, aerobna bakterija koju karakterizira visoka prilagodljivost, značajna raznolikost rasa i sposobnost sistemskog prodiranja u vaskularna tkiva. Bolest je opisana kao "jedna od najrazornijih" za kulture krstašica, s gubicima u teško pogođenim regijama koji dosežu do 30% prinosa (Preethi & Umesha, 2025). U povoljnim uvjetima — obilne oborine, 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 zaraženog sjemena do zrelosti. Glavni put širenja je putem zaraženog sjemena, gdje čak i minimalne razine bakterije mogu dovesti do epidemija (Liu et al., 2022). To je poseban problem u proizvodnji presadnica, gdje se veliki broj biljaka uzgaja na ograničenom prostoru i infekcija se može brzo širiti. Patogen se također prenosi putem kontaminiranog tla, biljnih ostataka, vjetra, kukaca, aerosola, vode za navodnjavanje, kiše i poljoprivrednih strojeva (Vicente and Holub, 2013). Xanthomonas campestris pv. campestris preživljava u biljnim ostacima do dvije godine, što naglašava važnost dobrih higijenskih praksi i pravilnog gospodarenja biljnim otpadom. Bakterije naj-

češće ulaze kroz hidatode na rubovima listova — prirodne otvore kroz koje biljke izlučuju vodu. Hidatode predstavljaju svojevrsnu "slabu točku" u tkivu lista, jer su izravno povezane s vaskularnim sustavom i ne posjeduju barijere protiv patogena jednako učinkovite kao epiderma. Kada su na listovima prisutne kapljice vode od kiše ili navodnjavanja, bakterije se lako kreću prema tim otvorima i prodiru u tkiva. To objašnjava zašto se prvi simptomi često pojavljuju na rubovima listova — zoni gdje su hidatode najbrojnije i najaktivnije. Patogen također može prodrijeti kroz rane uzrokovane strojevima, kukcima, životinjama, kišom ili vjetrom. Čak i mikroskopska oštećenja epiderme dovoljna su da omoguće ulazak bakterija. Tijekom obilnih oborina ili tuče rizik od infekcije naglo raste, jer mehaničke ozljede listova i stabljika stvaraju brojne ulazne točke. Kukci koji se hrane tkivom lista također olakšavaju prodiranje prenoseći bakterije na puči i rane. Nakon prodiranja, bakterije se šire intercelularno, najprije kolonizirajući mezofil — tkivo odgovorno za fotosintezu. U ovoj ranoj fazi infekcija često ostaje neprimijećena, jer je biljka još uvijek sposobna kompenzirati lokalna oštećenja. Postupno, međutim, patogen dolazi do vaskularnog sustava, gdje se intenzivno razmnožava i uzrokuje brzo sistemsko širenje. U ksilemu bakterije proizvode egzopolisaharide i enzime koji začepljuju vaskularne žile i ometaju kretanje vode. Istovremeno se opaža kolaps ksilema, širenje bakterije u okolne stanice parenhima, stanična smrt i stvaranje šupljina. Te su šupljine često ispunjene bakterijskim eksudatom, koji se pri rezu pojavljuje kao žućkaste kapljice. U vlažnom i toplom vremenu infekcija se razvija iznimno brzo. Visoka vlažnost olakšava kretanje bakterija po površini lista, a toplina ubrzava njihovu diobu — u optimalnim uvjetima populacija se može udvostručiti za manje od jednog sata. Stoga se vidljivi simptomi mogu pojaviti unutar nekoliko sati, osobito kod mladih biljaka čija su tkiva mekša i osjetljivija na sistemsko prodiranje. Simptomi su vrlo karakteristični i uključuju (Slika 1): • velike, često V-oblikovane klorotične pjege na periferiji lista, usmjerene prema glavnoj žili; • crnjenje žila i vaskularnih žila u listovima, peteljkama i stabljici; • zaostajanje u rastu, jednostrano rastenje i prerano opadanje listova; • sistemsko venuće i tamnjenje unutarnjih tkiva; • kod repe i rotkvice — suha trulež mesnatih korijena; • kod kupusa i cvjetače — promjena boje i truljenje glavica. U presjeku se opažaju pocrnjela vaskularna tkiva, žute kapljice eksudata i šupljine ispunjene bakterijama. Zaražena područja često sekundarno napadaju bakterije koje uzrokuju meku trulež, koje uništavaju tkiva i proizvode neugodan miris. To dodatno pogoršava kvalitetu proizvoda i čini ga neprikladnim za konzumaciju ili skladištenje. Slika 1. Crna trulež na listovima kupusa Brojne patogene rase Xanthomonas campestris pv. campestris zabilježene su u različitim vrstama Brassica. U početku su Vicente et al. (2001) identificirali šest rasa (1–6). Kasnije su Fargier i Manceau (2007) dodali još tri (7–9), a nedavno su dvije nove rase — 10 i 11 — opisane u Portugalu (Cruz et al., 2017). Trenutačno 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 stanične i biokemijske obrambene mehanizme (Deng et al., 2023). Genomski pristupi — sekvenciranje cijelog genoma, multilokusna analiza i komparativna genomika — omogućuju bolje razumijevanje evolucije, patogenosti i rasprostranjenosti različitih sojeva. To znanje podupire oplemenjivačke programe i ubrzava razvoj otpornih sorti. Učinkovita kurativna sredstva nedostaju, pa je upravljanje pretežno preventivno. Suzbijanje crne truleži temelji se na kombinaciji higijenskih, agrotehničkih, bioloških i oplemenjivačkih pristupa usmjerenih na ograničavanje primarnih izvora infekcije i smanjenje uvjeta povoljnih za razvoj patogena. Najvažnije mjere uključuju: • korištenje sjemena i presadnica bez bakterija — to je ključni element, jer je prijenos sjemenom primarni mehanizam nastanka epidemije. Čak i minimalna količina bakterija na sjemenu može dovesti do masovne infekcije u proizvodnji presadnica. Stoga su certificirani sjemenski materijal i redovito testiranje molekularnim metodama (PCR, Bio-PCR) ključni za siguran početak proizvodnog ciklusa. • tretman sjemena toplom vodom (50°C tijekom 30 min) — ova metoda jedna je od rijetkih dokazano učinkovitih protiv Xanthomonas campestris pv. campestris. Toplina uništava bakterije na površini sjemena bez oštećenja klijavosti. Postupak je osobito koristan za sjeme vlastite proizvodnje ili kada se sumnja na kontaminaciju. • uništavanje biljnih ostataka i poštivanje plodoreda (najmanje 2 godine bez Brassica) — patogen može preživjeti u biljnim ostacima do dvije godine, što čini pravilno gospodarenje otpadom ključnim. Dug plodored prekida životni ciklus bakterije i smanjuje njezino nakupljanje u tlu. Spaljivanje ili duboko zaoravanje zaraženih ostataka sprječava sekundarne infekcije. • izbjegavanje navodnjavanja kišenjem — kapi vode olakšavaju kretanje bakterija po površini lista i olakšavaju njihovo prodiranje kroz hidatode. Kod navodnjavanja kišenjem rizik od infekcije višestruko raste, osobito u toplom vremenu. Prednost se daje navodnjavanju kapanjem, jer održava lisnu masu suhom i ograničava

širenje patogena. • suzbijanje korova iz porodice Brassicaceae — divlje vrste krstašica često služe kao prirodni rezervoar za Xcc. Korovi poput divlje gorušice, uljane repice ili divljih krstašica mogu održavati populaciju patogena na polju čak i u odsutnosti uzgajanih biljaka. Njihovo redovito uklanjanje smanjuje rizik od primarne infekcije. • prskanje bakrenim fungicidima u intervalima od 10 dana radi ograničavanja površinske bakterijske populacije — bakreni pripravci ne liječe sistemsku infekciju, ali smanjuju broj bakterija na površini lista i ograničavaju sekundarne infekcije. Najučinkovitiji su kao dio integrirane strategije i primjenjuju se preventivno, osobito tijekom razdoblja visoke vlažnosti. • biološke metode — antagonistički mikroorganizmi i induktori otpornosti — to je područje koje se brzo razvija. Sojevi Bacillus, Pseudomonas i aktinomiceta pokazuju obećavajuće rezultate u suzbijanju Xcc kroz kompeticiju, proizvodnju antimikrobnih tvari ili stimulaciju imuniteta biljke. Induktori otpornosti aktiviraju obrambene mehanizme biljke, ali još se proučavaju optimalne doze, stabilnost i učinkovitost u polju (Liu et al., 2022). • dugoročna strategija: oplemenjivanje otpornih sorti, potpomognuto molekularnim markerima i selekcijom uz pomoć genomike — to je najobećavajući pristup za održivo smanjenje gubitaka. Otpornost na crnu trulež je poligenska, što otežava tradicionalno oplemenjivanje. Suvremene genomske tehnologije omogućuju identifikaciju QTL-ova povezanih s otpornošću i ubrzavaju stvaranje sorti koje mogu ograničiti sistemski razvoj patogena. U budućnosti će uređivanje genoma i selekcija potpomognuta markerima vjerojatno postati glavni alat za suzbijanje bolesti. Crna trulež ostaje jedna od najzahtjevnijih bolesti krstašica jer kombinira visoku agresivnost, lako širenje i nedostatak učinkovitog liječenja. Ipak, pravovremena prevencija, pažljiva kontrola sjemena i dobre agrotehničke prakse značajno smanjuju rizik od epidemija. Suvremeni genomski pristupi i oplemenjivački programi daju nadu za stvaranje otpornih sorti koje će u budućnosti osigurati stabilniju i sigurniju proizvodnju kupusnjača. Tako se borba protiv crne truleži postupno preobražava iz teškog zadatka u upravljiv proces utemeljen na znanju, prevenciji i znanstvenom 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