Растителна защита

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

'Fekete rothadás a keresztesvirágú növényeken – az egyik legveszélyesebb betegség'

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

Dátum 17.10.2026 | **Szám** 10/2026 | **ISSN** 2815-522X | **Nyelv** HU
www.plant-protection.com/article/2490?lang=hu



A fekete rothadás a káposzta és a Brassicaceae családba tartozó egyéb növények legjelentősebb bakteriális betegsége, széles elterjedtsége, magas agresszivitása és jelentős gazdasági veszteségei miatt. A betegség kórokozója a Xanthomonas campestris pv. campestris baktérium. A fertőzés gyakorlatilag a növény fejlődésének bármely szakaszában megkezdődhet — a fertőzött mag csírázásától a teljesen kifejlett érettségig. A betegség hetekig lappanghat, ami megnehezíti a korai diagnózist, és lehetővé teszi az észrevétlen terjedést a terményen belül. A fertőzött magvakon kívül a betegség a talajból, növényi maradványokból, valamint különféle természetes és mechanikai tényezőkből, például szélből, rovarokból, vízpermetből, esőből vagy mezőgazdasági gépekből is terjed. Kulcsszavak: fekete rothadás, baktérium, Brassicaceae család A fekete rothadás a Brassicaceae családba tartozó növények egyik leg súlyosabb és legpusztítóbb bakteriális betegsége, amely a világ minden agroklimatikus zónájában elterjedt (Singh és Dhar, 2011). Megtámadja mind a zöldségnövényeket, például a káposztát, a karfiolt, a brokkolit, a karórépát és a retket, mind a vad keresztesvirágú fajokat, amelyek a kórokozó rezervoárjaként szolgálnak. Ez különösen megnehezíti a betegség ellenőrzését, mivel a fertőzés forrásai gyakran a művelt területeken kívül találhatók. A kórokozó Xanthomonas campestris pv. campestris (Pammel) Dowson egy maggal terjedő, gram-negatív, aerob baktérium, amelyet magas alkalmazkodóképesség, jelentős rassz-diverzitás és a vascularis szövetekbe való szisztémás behatolás képessége jellemez. A betegséget a keresztesvirágú növények "egyik legpusztítóbb" betegségeként írták le, a súlyosan érintett régiókban a veszteségek elérik a termés 30%-át (Preethi & Umesha, 2025). Kedvező körülmények között — heves csapadék, magas páratartalom és 25 és 30°C közötti hőmérséklet — a betegség még károsabbá válik, és jelentős veszteségekhez vezet (Vega Álvarez és mtsai, 2021). A fertőzés a növény fejlődésének bármely szakaszában bekövetkezhet — a fertőzött magvak csírázásától az érettségig. A terjedés fő útvonala a fertőzött magvak, ahol a baktérium minimális szintje is járványokhoz vezethet (Liu és mtsai, 2022). Ez különös problémát jelent a palántanevelésben, ahol nagy számú növényt termesztenek korlátozott térben, és a fertőzés gyorsan terjedhet. A kórokozó szennyezett talajon, növényi maradványokon, szélen, rovarokon, aeroszolo-

kon, öntözővízen, esőn és mezőgazdasági gépeken keresztül is terjed (Vicente és Holub, 2013). A Xanthomonas campestris pv. campestris akár két évig is túlél a növényi maradványokban, ami aláhúzza a jó higiéniai gyakorlatok és a növényi hulladék megfelelő kezelésének fontosságát. A baktériumok leggyakrabban a levélszéleken lévő hidatódákon keresztül hatolnak be — természetes nyílásokon, amelyeken keresztül a növények vizet választanak ki. A hidatódák a levélszövet egyfajta "gyenge pontját" jelentik, mivel közvetlenül kapcsolódnak az érrendszerhez, és nem rendelkeznek a kórokozókkal szemben olyan hatékony védőgátakkal, mint az epidermisz. Amikor esőből vagy öntözésből származó vízcseppek vannak a leveleken, a baktériumok könnyen mozognak ezek felé a nyílások felé, és behatolnak a szövetekbe. Ez magyarázza, miért jelennek meg az első tünetek gyakran a levélszéleken — azon a zónán, ahol a hidatódák a legszámosabbak és a legaktívabbak. A kórokozó gépek, rovarok, állatok, eső vagy szél által okozott sebekon keresztül is behatolhat. Már az epidermisz mikroszkopikus sérülése is elegendő ahhoz, hogy a baktériumok bejussanak. Heves csapadék vagy jégeső idején a fertőzés kockázata meredeken növekszik, mivel a levelek és szárak mechanikai sérülései számos belépési pontot teremtenek. A levélszövetet fogyasztó rovarok szintén elősegítik a behatolást azáltal, hogy baktériumokat szállítanak a sztómákra és sebekre. A behatolás után a baktériumok intercellulárisan terjednek, először a mezofillumot kolonizálva — a fotoszintézisért felelős szövetet. Ebben a korai fázisban a fertőzés gyakran észrevétlen marad, mivel a növény még képes kompenzálni a helyi károkat. Fokozatosan azonban a kórokozó eléri az érrendszert, ahol intenzíven szaporodik, és gyors szisztémás terjedést okoz. A xilémben a baktériumok exopoliszacharidokat és enzimeket termelnek, amelyek eltömítik az érrendszeri edényeket, és megzavarják a vízmozgást. Ezzel egyidejűleg xilém-összeomlás, a baktérium terjedése a környező parenchyma sejtekbe, sejthalál és üregek képződése figyelhető meg. Ezeket az üregeket gyakran bakteriális exudátum tölti ki, amely vágáskor sárgás cseppek formájában jelenik meg. Párás és meleg időben a fertőzés rendkívül gyorsan fejlődik. A magas páratartalom elősegíti a baktériumok mozgását a levélfelületen, a hő pedig felgyorsítja osztódásukat — optimális körülmények között a populáció kevesebb mint egy óra alatt megduplázódhat. Ezért látható tünetek órákon belül megjelenhetnek, különösen fiatal növényeknél, amelyek szövetei puhábbak és fogékonyabbak a szisztémás behatolásra. A tünetek nagyon jellegzetesek, és a következőket foglalják magukban (1. ábra): • nagy, gyakran V alakú klorotikus foltok a levél perifériáján, a főér felé irányulva; • az erek és érrendszeri edények megfeketedése a levelekben, levélnyelekben és szárban; • növekedésbeli visszamaradás, egyoldalú növekedés és idő előtti levélhullás; • szisztémás hervadás és a belső szövetek sötétedése; • karórépánál és retknél — a húsos gyökerek száraz rothadása; • káposztánál és karfiolnál — a fejek elszíneződése és rothadása. Keresztmetszetben megfeketedett érrendszeri szövetek, sárga exudátumcseppek és baktériumokkal teli üregek figyelhetők meg. A fertőzött területeket gyakran másodlagosan lágyrothadást okozó baktériumok támadják meg, amelyek elpusztítják a szöveteket, és kellemetlen szagot termelnek. Ez tovább rontja a termék minőségét, és fogyasztásra vagy tárolásra alkalmatlanná teszi azt. 1. ábra. Fekete rothadás káposztaleveleken A Xanthomonas campestris pv. campestris számos patogén rasszát jelentették különböző Brassica fajokban. Kezdetben Vicente és mtsai (2001) hat rasszt (1–6) azonosítottak. Később Fargier és Manceau (2007) további hármat (7–9) adtak hozzá, és nemrég két új rasszt — a 10-et és a 11-et — írtak le Portugáliában (Cruz és mtsai, 2017). Jelenleg tizenegy fiziológiai rassz ismert, amelyek közül az 1. és a 4. rassz a legagresszívabb és a legszélesebb körben elterjedt (Lema és mtsai, 2012a; Vicente és Holub, 2013). A fekete rothadással szembeni rezisztencia poligénes, és összetett sejt- és biokémiai védelmi mechanizmusokat foglal magában (Deng és mtsai, 2023). A genomikai megközelítések — teljes genom szekvenálás, multilókusz analízis és összehasonlító genomika — lehetővé teszik a különböző törzsek evolúciójának, patogenitásának és elterjedésének jobb megértését. Ez a tudás támogatja a nemesítési programokat, és felgyorsítja a rezisztens fajták kifejlesztését. Hatékony gyógyító szerek hiányában a kezelés túlnyomórészt megelőző jellegű. A fekete rothadás elleni védekezés higiéniai, agrotechnikai, biológiai és nemesítési megközelítések kombinációján alapul, amelyek célja az elsődleges fertőzésforrások korlátozása és a kórokozó fejlődésének kedvező feltételek csökkentése. A legfontosabb intézkedések a következők: • baktériummentes magvak és palánták használata — ez kulcsfontosságú elem, mivel a maggal történő átvitel a járvány kialakulásának elsődleges mechanizmusa. Már a magvakon lévő minimális mennyiségű baktérium is tömeges fertőzéshez vezethet a palántanevelésben. Ezért a tanúsított vetőmaganyag és a molekuláris módszerekkel (PCR, Bio-PCR) végzett rendszeres vizsgálat kritikus a termelési ciklus biztonságos kezdéséhez. • forró vizes

magkezelés (50°C 30 percig) — ez a módszer az egyik kevés bizonyítottan hatékony eljárás a Xanthomonas campestris pv. campestris ellen. A hő elpusztítja a baktériumokat a mag felületén anélkül, hogy károsítaná a csírázást. Az eljárás különösen hasznos a házilag mentett magvak esetében vagy ha szennyeződés gyanúja merül fel. • a növényi maradványok megsemmisítése és a vetésforgó betartása (legalább 2 év Brassica nélkül) — a kórokozó akár két évig is túlélhet a növényi maradványokban, ami kulcsfontosságúvá teszi a megfelelő hulladékkezelést. A hosszú vetésforgó megszakítja a baktérium életciklusát, és csökkenti a talajban való felhalmozódását. A fertőzött maradványok elégetése vagy mélyszántása megakadályozza a másodlagos fertőzéseket. • a felülről történő öntözés elkerülése — a vízpermet elősegíti a baktériumok mozgását a levélfelületen, és megkönnyíti behatolásukat a hidatódákon keresztül. Felülről történő öntözés esetén a fertőzés kockázata sokszorosára növekszik, különösen meleg időben. A csepegtető öntözés előnyösebb, mivel szárazon tartja a levéltömeget, és korlátozza a kórokozó terjedését. • a Brassicaceae családba tartozó gyomnövények ellenőrzése — a vad keresztesvirágú fajok gyakran természetes rezervoárként szolgálnak az Xcc számára. Az olyan gyomnövények, mint a vad mustár, a repce vagy a vad keresztesvirágúak, fenntarthatják a kórokozó populációját a szántóföldön még a termesztett növények hiányában is. Rendszeres eltávolításuk csökkenti az elsődleges fertőzés kockázatát. • réz-alapú gombaölő szerekkel történő permetezés 10 napos időközönként a felszíni bakteriális populáció korlátozására — a réz-készítmények nem gyógyítják a szisztémás fertőzést, de csökkentik a baktériumok számát a levélfelületen, és korlátozzák a másodlagos fertőzéseket. Ezek a leg hatékonyabbak integrált stratégia részeként, és megelőző jelleggel alkalmazva, különösen a magas páratartalmú időszakokban. • biológiai módszerek — antagonista mikroorganizmusok és rezisztencia-induktorok — ez egy gyorsan fejlődő terület. A Bacillus, Pseudomonas és actinomycetes törzsei ígéretes eredményeket mutatnak az Xcc elnyomásában versengés, antimikrobiális anyagok termelése vagy a növényi immunitás stimulálása révén. A rezisztencia-induktorok aktiválják a növény védelmi mechanizmusait, de még vizsgálják az optimális dózisokat, a stabilitást és a szántóföldi hatékonyságot (Liu és mtsai, 2022). • hosszú távú stratégia: rezisztens fajták nemesítése, molekuláris markerekkel és genomika-asszisztált szelekcióval támogatva — ez a legígéretesebb megközelítés a veszteségek fenntartható csökkentésére. A fekete rothadással szembeni rezisztencia poligénes, ami megnehezíti a hagyományos nemesítést. A modern genomikai technológiák lehetővé teszik a rezisztenciához kapcsolódó QTL-ek azonosítását, és felgyorsítják azon fajták létrehozását, amelyek képesek korlátozni a kórokozó szisztémás fejlődését. A jövőben a genom szerkesztés és a marker-asszisztált szelekció valószínűleg a betegségellenőrzés fő eszközévé válik. A fekete rothadás a keresztesvirágúak egyik legnagyobb kihívást jelentő betegsége marad, mivel magas agresszivitást, könnyű terjedést és a hatékony kezelés hiányát ötvözi. Mindazonáltal az időben történő megelőzés, a gondos magellenőrzés és a jó agrotechnikai gyakorlatok jelentősen csökkentik a járványok kockázatát. A modern genomikai megközelítések és nemesítési programok reményt adnak olyan rezisztens fajták létrehozására, amelyek a jövőben biztosítják a káposztafélék stabilabb és biztonságosabb termelését. Így a fekete rothadás elleni küzdelem fokozatosan nehéz feladatból tudáson, megelőzésen és tudományos fejlődésen alapuló kezelhető folyamattá alakul.

Irodalomjegyzék

[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