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

'Podredumbre negra en cultivos crucíferos: una de las enfermedades más peligrosas'

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

Fecha 17.10.2026 | **Número** 10/2026 | **ISSN** 2815-522X | **Idioma** ES
www.plant-protection.com/article/2490?lang=es



Resumen La podredumbre negra está reconocida como la enfermedad bacteriana más importante de la col y otros cultivos de la familia Brassicaceae, debido a su amplia distribución, alta agresividad y pérdidas económicas significativas. El agente causal de la enfermedad es la bacteria Xanthomonas campestris pv. campestris. La infección puede comenzar prácticamente en cualquier etapa del desarrollo de la planta — desde la germinación de semilla infectada hasta la madurez completamente desarrollada. La enfermedad puede permanecer latente durante semanas, lo que complica el diagnóstico temprano y permite una propagación desapercibida dentro del cultivo. Además de las semillas infectadas, la enfermedad también se propaga desde el suelo, los residuos vegetales, así como desde diversos factores naturales y mecánicos como el viento, los insectos, las salpicaduras de agua, la lluvia o la maquinaria agrícola. Palabras clave: podredumbre negra, bacteria, familia Brassicaceae La podredumbre negra es una de las enfermedades bacterianas más graves y destructivas de los cultivos de la familia Brassicaceae, distribuida en todas las zonas agroclimáticas del mundo (Singh y Dhar, 2011). Afecta tanto a cultivos hortícolas como la col, la coliflor, el brócoli, el nabo y el rábano, así como a especies crucíferas silvestres que sirven como reservorio del patógeno. Esto hace que la enfermedad sea particularmente difícil de controlar, ya que las fuentes de infección a menudo se encuentran fuera de las áreas cultivadas. El agente causal Xanthomonas campestris pv. campestris (Pammel) Dowson es una bacteria transmitida por semilla, gramnegativa, aerobia, caracterizada por una alta adaptabilidad, una diversidad significativa de razas y la capacidad de penetración sistémica en los tejidos vasculares. La enfermedad ha sido descrita como "una de las más devastadoras" para los cultivos crucíferos, con pérdidas en regiones gravemente afectadas que alcanzan hasta el 30% del rendimiento (Preethi & Umesha, 2025). En condiciones favorables — precipitaciones intensas, alta humedad y temperaturas entre 25 y 30°C — la enfermedad se vuelve aún más dañina y provoca pérdidas significativas (Vega Álvarez et al., 2021). La infección puede ocurrir en cualquier etapa del desarrollo de la planta — desde la germinación de semillas infectadas hasta la madurez. La principal vía de propagación es a través de semillas infectadas, donde incluso niveles mínimos de la

bacteria pueden provocar epidemias (Liu et al., 2022). Esto es un problema particular en la producción de plántulas, donde se cultiva un gran número de plantas en un espacio limitado y la infección puede propagarse rápidamente. El patógeno también se transmite a través de suelo contaminado, residuos vegetales, viento, insectos, aerosoles, agua de riego, lluvia y maquinaria agrícola (Vicente y Holub, 2013). Xanthomonas campestris pv. campestris sobrevive en residuos vegetales hasta dos años, lo que subraya la importancia de buenas prácticas de higiene y una gestión adecuada de los desechos vegetales. Las bacterias entran más comúnmente a través de los hidatodos en los márgenes de las hojas — aberturas naturales a través de las cuales las plantas exudan agua. Los hidatodos representan una especie de "punto débil" en el tejido foliar, ya que están directamente conectados al sistema vascular y no poseen barreras contra patógenos tan efectivas como la epidermis. Cuando hay gotas de agua de lluvia o riego presentes en las hojas, las bacterias se mueven fácilmente hacia estas aberturas y penetran los tejidos. Esto explica por qué los primeros síntomas a menudo aparecen en los bordes de las hojas — la zona donde los hidatodos son más numerosos y más activos. El patógeno también puede penetrar a través de heridas causadas por maquinaria, insectos, animales, lluvia o viento. Incluso el daño microscópico a la epidermis es suficiente para permitir la entrada de bacterias. Durante precipitaciones intensas o granizo, el riesgo de infección aumenta drásticamente, ya que las lesiones mecánicas en hojas y tallos crean numerosos puntos de entrada. Los insectos que se alimentan del tejido foliar también facilitan la penetración al transportar bacterias hacia los estomas y las heridas. Después de la penetración, las bacterias se propagan intercelularmente, colonizando primero el mesófilo — el tejido responsable de la fotosíntesis. En esta fase temprana, la infección a menudo pasa desapercibida, ya que la planta aún es capaz de compensar el daño local. Gradualmente, sin embargo, el patógeno alcanza el sistema vascular, donde se multiplica intensivamente y causa una rápida propagación sistémica. En el xilema, las bacterias producen exopolisacáridos y enzimas que obstruyen los vasos vasculares y alteran el movimiento del agua. Simultáneamente, se observan el colapso del xilema, la propagación de la bacteria hacia las células parenquimáticas circundantes, la muerte celular y la formación de cavidades. Estas cavidades a menudo se llenan con exudado bacteriano, que aparece como gotas amarillentas al corte. En clima húmedo y cálido, la infección se desarrolla extremadamente rápido. La alta humedad facilita el movimiento de las bacterias sobre la superficie de la hoja, y el calor acelera su división — en condiciones óptimas, la población puede duplicarse en menos de una hora. Por lo tanto, los síntomas visibles pueden aparecer en cuestión de horas, especialmente en plantas jóvenes cuyos tejidos son más blandos y más susceptibles a la penetración sistémica. Los síntomas son altamente característicos e incluyen (Figura 1): • grandes manchas cloróticas, a menudo en forma de V, en la periferia de la hoja, dirigidas hacia la nervadura central; • ennegrecimiento de las venas y vasos vasculares en las hojas, pecíolos y tallo; • retraso del crecimiento, crecimiento unilateral y caída prematura de las hojas; • marchitez sistémica y oscurecimiento de los tejidos internos; • en nabo y rábano — pudrición seca de las raíces carnosas; • en col y coliflor — decoloración y pudrición de las cabezas. En corte transversal, se observan tejidos vasculares ennegrecidos, gotas amarillas de exudado y cavidades llenas de bacterias. Las áreas infectadas son a menudo atacadas secundariamente por bacterias que causan pudrición blanda, que destruyen los tejidos y producen un olor desagradable. Esto deteriora aún más la calidad del producto y lo hace no apto para el consumo o almacenamiento. Figura 1. Podredumbre negra en hojas de col Se han reportado numerosas razas patogénicas de Xanthomonas campestris pv. campestris en diferentes especies de Brassica. Inicialmente, Vicente et al. (2001) identificaron seis razas (1–6). Posteriormente, Fargier y Manceau (2007) añadieron tres más (7–9), y recientemente se describieron dos nuevas razas — 10 y 11 — en Portugal (Cruz et al., 2017). Actualmente, se conocen once razas fisiológicas, siendo las razas 1 y 4 las más agresivas y más ampliamente distribuidas (Lema et al., 2012a; Vicente y Holub, 2013). La resistencia a la podredumbre negra es poligénica e involucra complejos mecanismos de defensa celular y bioquímica (Deng et al., 2023). Los enfoques genómicos — secuenciación del genoma completo, análisis multilocus y genómica comparativa — permiten una mejor comprensión de la evolución, patogenicidad y distribución de las diferentes cepas. Este conocimiento apoya los programas de mejoramiento y acelera el desarrollo de variedades resistentes. Faltan agentes curativos eficaces, por lo que el manejo es predominantemente preventivo. El control de la podredumbre negra se basa en una combinación de enfoques higiénicos, agrotécnicos, biológicos y de mejoramiento dirigidos a limitar las fuentes primarias de infección y reducir las condiciones favorables para

el desarrollo del patógeno. Las medidas más importantes incluyen: • uso de semillas y plántulas libres de bacterias — este es un elemento clave, ya que la transmisión por semilla es el mecanismo principal para la aparición de epidemias. Incluso una cantidad mínima de bacterias en las semillas puede provocar una infección masiva en la producción de plántulas. Por lo tanto, el material de semilla certificado y las pruebas regulares mediante métodos moleculares (PCR, Bio-PCR) son críticos para un inicio seguro del ciclo de producción. • tratamiento térmico de semillas con agua caliente (50°C durante 30 min) — este método es uno de los pocos probados como eficaces contra Xanthomonas campestris pv. campestris. El calor destruye las bacterias en la superficie de la semilla sin dañar la germinación. El procedimiento es particularmente útil para semillas guardadas en casa o cuando se sospecha contaminación. • destrucción de residuos vegetales y observancia de la rotación de cultivos (al menos 2 años sin Brassica) — el patógeno puede sobrevivir en residuos vegetales hasta dos años, lo que hace crucial una gestión adecuada de los desechos. La rotación larga de cultivos interrumpe el ciclo de vida de la bacteria y reduce su acumulación en el suelo. La quema o el arado profundo de residuos infectados previene infecciones secundarias. • evitar el riego por aspersión — las salpicaduras de agua facilitan el movimiento de las bacterias sobre la superficie de la hoja y facilitan su penetración a través de los hidatodos. Con el riego por aspersión, el riesgo de infección aumenta muchas veces, especialmente en clima cálido. Se prefiere el riego por goteo, ya que mantiene la masa foliar seca y limita la propagación del patógeno. • control de malezas de la familia Brassicaceae — las especies crucíferas silvestres a menudo sirven como reservorio natural para Xcc. Malezas como la mostaza silvestre, la colza o las crucíferas silvestres pueden mantener la población del patógeno en el campo incluso en ausencia de plantas cultivadas. Su eliminación regular reduce el riesgo de infección primaria. • pulverizaciones con fungicidas a base de cobre a intervalos de 10 días para limitar la población bacteriana superficial — los preparados de cobre no curan la infección sistémica pero reducen el número de bacterias en la superficie de la hoja y limitan las infecciones secundarias. Son más eficaces como parte de una estrategia integrada y aplicados de forma preventiva, especialmente durante períodos de alta humedad. • métodos biológicos — microorganismos antagonistas e inductores de resistencia — este es un campo en rápido desarrollo. Cepas de Bacillus, Pseudomonas y actinomicetos muestran resultados prometedores para suprimir Xcc mediante competencia, producción de sustancias antimicrobianas o estimulación de la inmunidad vegetal. Los inductores de resistencia activan los mecanismos de defensa de la planta, pero aún se están estudiando para determinar dosis óptimas, estabilidad y eficacia en campo (Liu et al., 2022). • estrategia a largo plazo: mejoramiento de variedades resistentes, apoyado por marcadores moleculares y selección asistida por genómica — este es el enfoque más prometedor para la reducción sostenible de pérdidas. La resistencia a la podredumbre negra es poligénica, lo que dificulta el mejoramiento tradicional. Las tecnologías genómicas modernas permiten la identificación de QTL asociados con la resistencia y aceleran la creación de variedades que pueden limitar el desarrollo sistémico del patógeno. En el futuro, la edición del genoma y la selección asistida por marcadores probablemente se convertirán en la principal herramienta para el control de la enfermedad. La podredumbre negra sigue siendo una de las enfermedades más desafiantes de las crucíferas porque combina alta agresividad, fácil propagación y la falta de un tratamiento eficaz. Sin embargo, la prevención oportuna, el control cuidadoso de las semillas y las buenas prácticas agrotécnicas reducen significativamente el riesgo de epidemias. Los enfoques genómicos modernos y los programas de mejoramiento dan esperanza para la creación de variedades resistentes que en el futuro asegurarán una producción más estable y segura de cultivos de col. Así, la lucha contra la podredumbre negra se está transformando gradualmente de una tarea difícil en un proceso manejable basado en el conocimiento, la prevención y el progreso científico.

Referencias

[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