



AGROPROSS
National Conference
Proceedings of Agriculture

Prosiding
Seminar dan Bimbingan Teknis Pertanian Politeknik Negeri Jember 2026
Pertanian Masa Depan Indonesia 2045 : Transformasi Teknologi, Ketahanan Pangan dan Adaptasi terhadap Tantangan Global
3 Juni 2026

Publisher:
Agropross, National Conference Proceedings of Agriculture
E-ISSN: 2964-0172
DOI:

Identifikasi Genus Nematoda Parasit pada Pertanaman Wortel dan Kentang di Brakseng, Jawa Timur

Identification of Parasitic Nematode Genera in Carrot and Potato Plantings in Brakseng, East Java

Author(s): Merlinda Putri Aderina, Noni Rahmadhini*, Wiwin Windriyanti

Agroteknologi, Fakultas Pertanian, Universitas Pembangunan Nasional “Veteran” Jawa Timur.

*Corresponding author: nonirahadhi@upnjatim.ac.id

ABSTRAK

Kendala yang sering menjadi penghambat dalam budidaya tanaman hortikultura seperti tanaman kentang dan tanaman wortel di Brakseng, Jawa Timur adalah serangan nematoda parasit. Serangan nematoda ini menyebabkan berbagai gejala tanaman menjadi kerdil (stunting), umbi bercabang, retak, berbintil (puru), serta luka pada akar dan umbi sehingga berdampak pada berkurangnya produktivitas dan kualitas umbi wortel dan kentang. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui keanekaragaman dan kepadatan populasi nematoda parasit pada tanaman wortel dan kentang di Desa Sumber Brantas, Kecamatan Bumiaji, Kota Batu, Provinsi Jawa Timur. Penelitian ini dilakukan dengan cara survei yaitu pengambilan sampel tanah di lahan pertanaman wortel dan kentang yang bergejala. Identifikasi dilaksanakan di Laboratorium Kesehatan Tanaman Universitas Pembangunan Nasional “Veteran” Jawa Timur dengan pendekatan morfologi dan morfometri. Hasil penelitian menunjukkan ditemukan genus nematoda parasit tanaman yaitu *Tylenchorhynchus*, dan *Globodera*. Genus yang paling dominan berbeda pada kedua komoditas, *Globodera* spp. lebih dominan pada lahan tanaman kentang dan *Tylenchorhynchus* spp. pada lahan tanaman wortel.

Kata Kunci:

Globodera;
Identifikasi
Nematoda;
Nematoda
Hortikultura ;
Nematoda
Parasit;
Tylenchorhynchus

Keywords:

Globodera;
Horticultural
Nematodes;
Nematode
Identification ;
Plant Parasitic
Nematodes;
Tylenchorhynchus

ABSTRACT

One of the major constraints in the cultivation of horticultural crops such as potatoes and carrots in Brakseng, East Java, is the attack of plant parasitic nematodes. Nematode infestation causes various symptoms including stunted plant growth, branched and cracked tubers, gall formation, and lesions on roots and tubers, which ultimately reduce the productivity and quality of carrot and potato yields. This study aimed to determine the diversity and population density of plant parasitic nematodes associated with carrot and potato crops in Sumber Brantas Village, Bumiaji District, Batu City, East Java Province. The research was conducted using a survey method by collecting soil samples from symptomatic carrot and potato fields. Identification was carried out at the Plant Health Laboratory, Universitas Pembangunan Nasional “Veteran” East Java using morphological and morphometric approaches. The results showed that several genera of plant parasitic nematodes were identified, namely *Tylenchorhynchus*, and *Globodera*. The dominant genus differed between the two crops, where *Globodera* spp. was more dominant in potato fields, while *Pratylenchus* spp. was more dominant in carrot fields. The diversity and population density of plant parasitic



AGROPROSS
National Conference
Proceedings of Agriculture

Prosiding

Seminar dan Bimbingan Teknis Pertanian Politeknik Negeri Jember 2026
Pertanian Masa Depan Indonesia 2045 : Transformasi Teknologi, Ketahanan Pangan dan Adaptasi terhadap Tantangan Global
3 Juni 2026

Publisher:

Agropross, National Conference Proceedings of Agriculture
E-ISSN: 2964-0172
DOI:

nematodes in potato fields tended to be higher than those in carrot fields.

PENDAHULUAN

Tanaman hortikultura memiliki peranan penting dalam penyediaan pangan serta peningkatan nilai ekonomi di sektor pertanian. Komoditas seperti kentang dan wortel menjadi sumber karbohidrat, vitamin, serta mineral yang dibutuhkan masyarakat. Produksi kedua tanaman ini banyak dikembangkan pada daerah dataran tinggi dengan kondisi agroklimat yang sesuai. Wilayah Brakseng, Jawa Timur, dikenal sebagai sentra produksi hortikultura dengan intensitas budidaya tinggi. Intensifikasi lahan yang berlangsung terus-menerus meningkatkan risiko gangguan organisme pengganggu tanaman. Salah satu kendala utama berasal dari nematoda parasit tanaman yang menyerang sistem perakaran. Nematoda parasit bersifat mikroskopis sehingga sering tidak terdeteksi pada tahap awal infeksi. Serangan nematoda menyebabkan gangguan fisiologis tanaman yang berdampak pada pertumbuhan. Gejala yang muncul sering kali menyerupai kekurangan unsur hara sehingga sulit dibedakan. Kondisi ini menyebabkan kerugian ekonomi yang signifikan apabila tidak ditangani secara tepat (Jones et al., 2013).

Nematoda parasit tanaman memiliki kemampuan adaptasi tinggi terhadap berbagai kondisi lingkungan tanah. Organisme ini hidup di dalam atau sekitar akar tanaman dan mengambil nutrisi dari jaringan inang. Aktivitas makan nematoda menyebabkan kerusakan jaringan akar serta menghambat penyerapan air dan unsur hara. Gejala

serangan meliputi pertumbuhan terhambat, pembentukan umbi abnormal, serta munculnya puru pada akar. Pada tanaman kentang dan wortel, kerusakan tersebut berdampak langsung terhadap kualitas dan kuantitas hasil panen. Genus nematoda seperti *Pratylenchus*, *Tylenchorhynchus*, dan *Globodera* diketahui sebagai patogen utama pada tanaman hortikultura. *Pratylenchus* dikenal sebagai nematoda luka akar yang merusak jaringan korteks. *Globodera* merupakan nematoda sista yang memiliki daya tahan tinggi dalam tanah. *Tylenchorhynchus* sering ditemukan pada tanaman dengan gejala penurunan vigor. Keberadaan berbagai genus ini menunjukkan kompleksitas interaksi antara nematoda dan tanaman inang (Perry & Moens, 2011).

Informasi mengenai jenis nematoda yang dominan dapat digunakan sebagai dasar strategi pengendalian. Pendekatan survei lapangan memberikan gambaran kondisi nyata populasi nematoda pada lahan pertanian. Pengambilan sampel tanah pada area bergejala memungkinkan identifikasi spesies yang berasosiasi langsung dengan kerusakan tanaman. Analisis morfologi dan morfometri menjadi metode umum dalam identifikasi nematoda. Teknik ini memanfaatkan karakter tubuh seperti bentuk stylet, ukuran tubuh, serta struktur esofagus. Data keanekaragaman memberikan informasi tentang stabilitas ekosistem tanah. Kepadatan populasi menunjukkan tingkat serangan dan potensi kerugian yang ditimbulkan. Penelitian di Desa Sumber Brantas menjadi penting karena wilayah ini

merupakan pusat produksi hortikultura intensif. Hasil penelitian diharapkan memberikan kontribusi terhadap pengelolaan nematoda parasit secara berkelanjutan (Coyne et al., 2018).

BAHAN DAN METODE

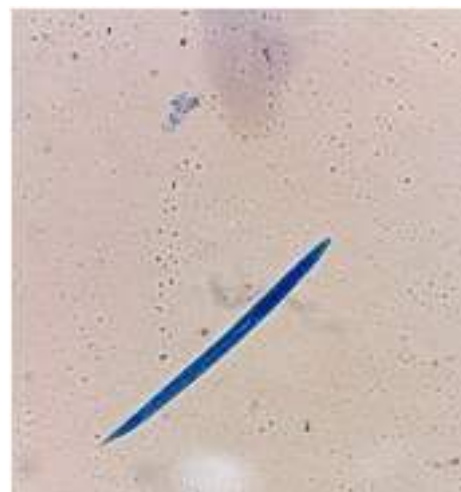
Penelitian ini dilaksanakan pada bulan November 2025-Januari 2026 dilaksanakan di dua lokasi, lokasi eksplorasi dilaksanakan di perbukitan Brakseng, Batu, Jawa Timur dan identifikasi dilaksanakan di Laboratorium Kesehatan Tanaman Universitas Pembangunan Nasional Veteran Jawa Timur. Alat yang digunakan meliputi: sekop mini, wadah penyimpanan, gelas baeker, cawan petri, pipet, corong baerman, kaca preparat, pengaduk, pinset, mikroskop Olympus, mikroskop stereo. Bahan yang digunakan meliputi: air, sampel tanah, formalin, gliserin.

HASIL DAN PEMBAHASAN

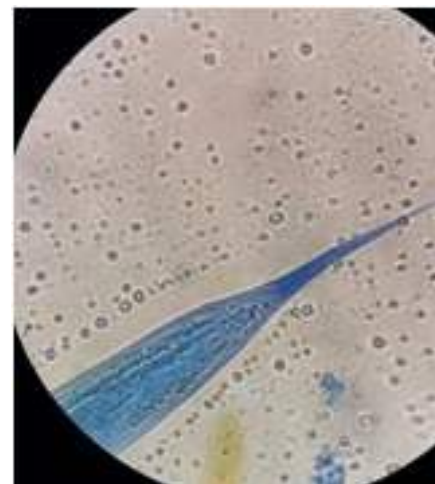
Hasil identifikasi nematoda pada sampel tanah dan akar tanaman wortel menunjukkan keberadaan nematoda parasit dari genus *Globodera*. Identifikasi dilakukan berdasarkan karakter morfologi yang diamati menggunakan mikroskop cahaya. Individu juvenil menunjukkan bentuk tubuh memanjang dengan ujung ekor meruncing serta memiliki stylet yang berkembang dengan baik sebagai alat penetrasi jaringan tanaman. Pada fase tertentu ditemukan struktur kista berbentuk bulat hingga oval dengan dinding tebal berwarna cokelat. Struktur kista merupakan ciri khas utama genus *Globodera* yang berfungsi sebagai bentuk ketahanan terhadap kondisi lingkungan yang tidak menguntungkan. Pengamatan morfometri menunjukkan kesesuaian ukuran tubuh, panjang stylet, serta bentuk ekor dengan deskripsi genus tersebut dalam literatur. Kombinasi karakter morfologi dan morfometri menjadi dasar

utama dalam proses identifikasi nematoda hingga tingkat genus. Temuan ini menunjukkan bahwa *Globodera* merupakan salah satu nematoda parasit yang terdapat pada lahan pertanian wortel. Keberadaan genus ini mengindikasikan adanya potensi gangguan pada sistem perakaran tanaman.

Identifikasi yang akurat menjadi langkah awal dalam memahami dinamika populasi nematoda di dalam tanah (Mulvey & Golden, 1983; Stone, 1973; Handoo & Golden, 1989).



A



B



C
Gambar 3 Juvenil *Globodera* spp: A Tubuh, B Bentuk Ekor, C Anterior

Ciri morfologi sista nematoda, khususnya pada genus *Globodera*, ditandai oleh bentuk tubuh yang bulat hingga oval sebagai hasil transformasi betina dewasa yang telah mati. Dinding sista tampak tebal dan keras akibat proses sklerotisasi kutikula, berfungsi melindungi telur di dalamnya. Warna sista mengalami perubahan seiring perkembangan, dimulai dari putih krem pada fase muda, kemudian kuning, hingga cokelat gelap pada fase matang. Permukaan sista relatif halus, namun pada pengamatan mikroskopis menunjukkan pola khas pada bagian posterior. Bagian vulva dan anus terletak berdekatan pada daerah posterior yang dikenal sebagai daerah perineal, sering digunakan sebagai karakter diagnostik. Pada genus ini, tidak ditemukan fenestra yang terbuka lebar seperti pada beberapa nematoda sista lainnya, melainkan memiliki struktur vulva yang lebih sederhana. Leher sista (neck) biasanya pendek dan terkadang masih terlihat sebagai sisa bagian anterior tubuh betina. Di dalam sista terdapat banyak telur yang berbentuk oval dengan dinding tipis. Ukuran sista bervariasi namun umumnya berada pada kisaran ratusan mikrometer. Keseluruhan karakter ini menjadi dasar

penting dalam identifikasi morfologi nematoda sista di bawah mikroskop. Perubahan seiring perkembangan, dimulai dari putih krem pada fase muda, kemudian kuning, hingga cokelat gelap pada fase matang. Permukaan sista relatif halus, namun pada pengamatan mikroskopis menunjukkan pola khas pada bagian posterior. Bagian vulva dan anus terletak berdekatan pada daerah posterior yang dikenal sebagai daerah perineal, sering digunakan sebagai karakter diagnostik. Pada genus ini, tidak ditemukan fenestra yang terbuka lebar seperti pada beberapa nematoda sista lainnya, melainkan memiliki struktur vulva yang lebih sederhana. Leher sista (neck) biasanya pendek dan terkadang masih terlihat sebagai sisa bagian anterior tubuh betina. Di dalam sista terdapat banyak telur yang berbentuk oval dengan dinding tipis. Ukuran sista bervariasi namun umumnya berada pada kisaran ratusan mikrometer. Keseluruhan karakter ini menjadi dasar penting dalam identifikasi morfologi nematoda sista di bawah mikroskop.



Gambar 4 Sista *Globodera* spp

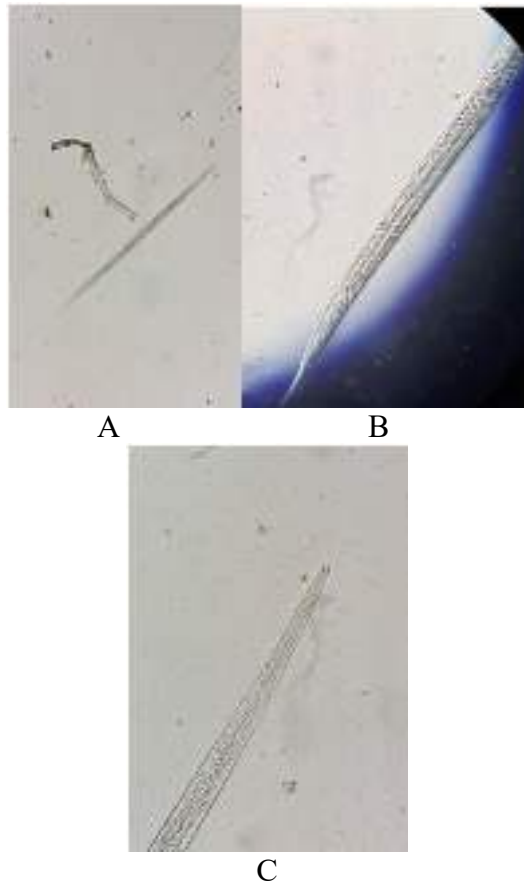
Keberadaan *Globodera* pada tanaman wortel menunjukkan kemampuan

adaptasi nematoda terhadap berbagai jenis tanaman inang di dalam ekosistem tanah. Nematoda ini bersifat endoparasit yang menginfeksi jaringan akar dan membentuk hubungan parasitik dengan sel tanaman. Aktivitas makan nematoda menyebabkan perubahan fisiologis pada jaringan akar, termasuk pembentukan sel raksasa sebagai sumber nutrisi. Kondisi tersebut mengganggu proses penyerapan air dan unsur hara oleh tanaman. Kehadiran kista di dalam tanah menjadi sumber inokulum yang mampu bertahan dalam jangka waktu lama. Kista mengandung telur dalam jumlah besar yang akan menetas ketika kondisi lingkungan mendukung. Hal ini menyebabkan potensi infestasi berulang pada musim tanam berikutnya menjadi tinggi. Distribusi nematoda dalam tanah juga dipengaruhi oleh kondisi lingkungan seperti kelembapan dan tekstur tanah. Adaptasi ekologis ini menjadikan Globodera sebagai nematoda yang sulit dikendalikan. Keberadaannya dalam lahan hortikultura perlu mendapat perhatian khusus dalam pengelolaan tanaman (Turner & Evans, 1998; Perry et al., 2018; Greco et al., 2002).

Dampak infestasi Globodera pada tanaman wortel terlihat dari perubahan morfologi akar serta penurunan kualitas hasil panen. Akar yang terserang menunjukkan deformasi, percabangan tidak normal, serta permukaan yang tidak halus. Gangguan pada sistem perakaran menyebabkan penurunan efisiensi penyerapan nutrisi sehingga pertumbuhan tanaman menjadi terhambat. Tanaman yang terinfeksi sering menunjukkan gejala kerdil dan klorosis pada bagian tajuk. Pada tingkat serangan tinggi, produksi tanaman mengalami penurunan yang signifikan. Kerusakan jaringan akar juga meningkatkan kerentanan terhadap infeksi patogen sekunder seperti jamur tanah. Interaksi tersebut memperparah kondisi tanaman dan mempercepat penurunan produktivitas. Kepadatan populasi

nematoda yang tinggi berkontribusi terhadap luasnya area serangan di lahan. Dalam jangka panjang, infestasi nematoda dapat menurunkan kualitas tanah sebagai media tumbuh. Oleh karena itu, identifikasi Globodera menjadi langkah penting dalam upaya pengendalian nematoda secara tepat dan berkelanjutan (Jones et al., 2017; Nicol et al., 2011; Kort et al., 1977).

Sedangkan hasil identifikasi dari sampel tanah dan akar pada tanaman wortel menunjukkan keberadaan nematoda parasit dari genus *Tylenchorhynchus*. Genus ini termasuk kelompok nematoda ektoparasit yang hidup di luar jaringan akar dan menghisap cairan sel menggunakan stylet. Secara morfologi, *Tylenchorhynchus* memiliki tubuh memanjang dan ramping dengan kutikula halus hingga berannulasi. Stylet berkembang dengan baik dan berfungsi sebagai alat penetrasi sel tanaman. Bagian esofagus menunjukkan median bulb yang jelas sebagai ciri kelompok Tylenchida. Ekor umumnya meruncing dengan variasi bentuk antar spesies. Nematoda ini bergerak aktif di dalam pori tanah dan berada di sekitar rizosfer tanaman. Aktivitas makan dilakukan pada permukaan akar tanpa penetrasi mendalam ke jaringan. Identifikasi dilakukan melalui pengamatan morfologi dan morfometri menggunakan mikroskop cahaya. Karakter yang diamati dibandingkan dengan kunci determinasi nematoda yang telah dipublikasikan. Keberadaan genus ini menunjukkan adanya nematoda ektoparasit yang berasosiasi dengan tanaman wortel (Siddiqi, 2000; Mai & Mullin, 1996).



Gambar 5 Tylenchorhynchus: A. Tubuh, B. Posterior, C Anterior

Keberadaan Tylenchorhynchus dalam tanah memberikan pengaruh terhadap kondisi fisiologis tanaman wortel. Aktivitas makan nematoda menyebabkan kerusakan pada sel epidermis dan korteks akar. Kerusakan tersebut mengganggu proses penyerapan air dan unsur hara. Tanaman menunjukkan gejala pertumbuhan terhambat serta penurunan vigor. Daun tampak menguning sebagai indikasi defisiensi nutrisi. Sistem perakaran menjadi kurang berkembang sehingga tidak mampu menopang pertumbuhan optimal. Akar utama dapat mengalami pemendekan serta percabangan tidak normal. Kondisi ini berdampak langsung terhadap pembentukan umbi wortel. Gangguan fisiologis terjadi secara

bertahap seiring meningkatnya populasi nematoda. Keberadaan nematoda ini berkontribusi terhadap penurunan kualitas tanaman. Hal tersebut menunjukkan peran penting nematoda ektoparasit dalam sistem budidaya (Norton, 1978; Ferris, 2010).

Selain dampak langsung, keberadaan Tylenchorhynchus juga berperan dalam meningkatkan kompleksitas interaksi patogen di dalam tanah. Luka pada permukaan akar akibat aktivitas makan menjadi jalur masuk bagi mikroorganisme patogen lain. Infeksi sekunder oleh jamur atau bakteri dapat memperparah kondisi akar. Tanaman menjadi lebih rentan terhadap penyakit tular tanah. Populasi nematoda yang tinggi meningkatkan tekanan terhadap tanaman inang secara berkelanjutan. Distribusi nematoda dalam tanah dipengaruhi oleh faktor lingkungan seperti tekstur, kelembapan, dan bahan organik. Kondisi tersebut mendukung perkembangan nematoda dalam jangka panjang. Keberadaan Tylenchorhynchus juga mencerminkan dinamika ekosistem mikro dalam tanah. Hal ini menunjukkan pentingnya pemantauan populasi nematoda secara berkala. Pengelolaan yang tepat diperlukan untuk menjaga keseimbangan dan produktivitas lahan hortikultura.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa pada lahan tanaman kentang ditemukan nematoda parasit dari genus

KESIMPULAN

Globodera yang dicirikan oleh adanya struktur kista sebagai bentuk ketahanan dalam tanah. Pada lahan tanaman wortel ditemukan nematoda parasit dari genus *Tylenchorhynchus* yang termasuk kelompok ektoparasit dan hidup di sekitar permukaan akar. Perbedaan genus yang ditemukan pada kedua komoditas menunjukkan adanya spesifisitas inang serta adaptasi terhadap kondisi lingkungan tanah. Keberadaan kedua genus tersebut berpengaruh terhadap sistem perakaran tanaman dan berpotensi menurunkan produktivitas. Identifikasi berdasarkan morfologi dan morfometri memberikan hasil yang jelas dalam menentukan genus nematoda. Keanekaragaman nematoda yang ditemukan mencerminkan kompleksitas interaksi organisme dalam tanah. Kepadatan populasi masing-masing genus berpotensi menentukan tingkat keparahan serangan pada tanaman. Kondisi ini menunjukkan bahwa nematoda parasit merupakan salah satu faktor penting dalam budidaya hortikultura. Oleh karena itu, pengelolaan nematoda menjadi aspek yang perlu diperhatikan untuk menjaga keberlanjutan produksi.

DAFTAR PUSTAKA

- Back, M. A., Haydock, P. P. J., & Jenkinson, P. (2002). Disease complexes involving plant parasitic nematodes and soilborne pathogens. *Plant Pathology*, 51(6), 683–697. <https://doi.org/10.1046/j.1365-3059.2002.00785.x>
- Cobb, N. A. (1918). Estimating the nematode population of soil. *Agricultural Technology Circular*. <https://naldc.nal.usda.gov>
- Coyne, D. L., Cortada, L., Dalzell, J. J., et al. (2018). Plant-parasitic nematodes and food security in Sub-Saharan Africa. *Annual Review of Phytopathology*, 56, 381–403. <https://doi.org/10.1146/annurev-phyto-080417-045833>
- Ferris, H. (2010). Contribution of nematodes to the structure and function of the soil food web. *Journal of Nematology*, 42(1), 63–67. <https://journals.flvc.org/jon/article/view/64694>
- Greco, N., Inserra, R. N., & Brandonisio, A. (2002). Cyst nematodes. In *Plant Nematology*. CABI Publishing. <https://doi.org/10.1079/9780851996462.0219>
- Handoo, Z. A., & Golden, A. M. (1989). A key and diagnostic compendium to the species of the genus *Globodera*. *Journal of Nematology*, 21(4), 463–473. <https://journals.flvc.org/jon/article/view/64852>
- Hooper, D. J., Hallmann, J., & Subbotin, S. A. (2005). Methods for extraction, processing and detection of plant and soil nematodes. In *Plant Parasitic Nematodes in Subtropical and Tropical Agriculture*. CABI Publishing. <https://doi.org/10.1079/9780851997278.0053>
- Jones, J. T., et al. (2017). Top 10 plant-parasitic nematodes in molecular plant pathology (revisited). *Molecular Plant Pathology*, 18(4), 487–491. <https://doi.org/10.1111/mpp.12448>
- Jones, J. T., Haegeman, A., Danchin, E. G. J., et al. (2013). Top 10 plant-parasitic nematodes in molecular plant pathology. *Molecular Plant Pathology*, 14(9), 946–961. <https://doi.org/10.1111/mpp.12057>
- Karssen, G., & Moens, M. (2006). Root-knot nematodes. In *Plant Nematology*. CABI Publishing. <https://doi.org/10.1079/9780851997278.0059>
- Kort, J., Ross, H., Rumpfenhorst, H. J., & Stone, A. R. (1977). An international

- scheme for identifying and classifying populations of potato cyst nematodes (*Globodera* spp.). *Nematologica*, 23, 333–339.
<https://doi.org/10.1163/187529277X00377>
- Mai, W. F., & Mullin, P. G. (1996). *Plant-Parasitic Nematodes: A Pictorial Key to Genera*. Cornell University Press. Akses: <https://www.cornellpress.cornell.edu>
- Moens, M., Perry, R. N., & Starr, J. L. (2009). *Meloidogyne Species – a Diverse Group of Novel and Important Plant Parasites*. In *Root-Knot Nematodes*. CABI Publishing. <https://doi.org/10.1079/9781845934927.0001>
- Mulvey, R. H., & Golden, A. M. (1983). An illustrated key to the cyst-forming genera and species of Heteroderidae in the western hemisphere. *Journal of Nematology*, 15(1), 1–59. <https://journals.flvc.org/jon/article/view/64659>
- Nicol, J. M., Turner, S. J., Coyne, D. L., et al. (2011). Current nematode threats to world agriculture. Springer. https://doi.org/10.1007/978-94-007-0434-3_2
- Nicol, J. M., Turner, S. J., Coyne, D. L., et al. (2011). Current nematode threats to world agriculture. In *Genomics and Molecular Genetics of Plant-Nematode Interactions*. Springer. https://doi.org/10.1007/978-94-007-0434-3_2
- Norton, D. C. (1978). *Ecology of Plant-Parasitic Nematodes*. Wiley. <https://www.wiley.com>
- Perry, R. N., & Moens, M. (2011). *Introduction to Plant-Parasitic Nematodes: Modes of Parasitism*. CAB International. <https://www.cabi.org>
- Perry, R. N., Moens, M., & Jones, J. T. (2018). *Cyst Nematodes*. CABI Publishing. <https://doi.org/10.1079/9781786390837.0000>
- Perry, R. N., Moens, M., & Starr, J. L. (2013). *Root-Knot Nematodes*. CABI Publishing. <https://doi.org/10.1079/9781780641515.0000>
- Siddiqi, M. R. (2000). *Tylenchida: Parasites of Plants and Insects*. CABI Publishing. <https://doi.org/10.1079/9780851992020.0000>
- Sikora, R. A., Coyne, D., Hallmann, J., & Timper, P. (2018). *Plant Parasitic Nematodes in Subtropical and Tropical Agriculture* (3rd ed.). CABI Publishing. <https://doi.org/10.1079/9781786391247.0000>
- Southey, J. F. (1986). *Laboratory Methods for Work with Plant and Soil Nematodes*. Ministry of Agriculture, Fisheries and Food. <https://www.cabi.org>
- Stone, A. R. (1973). *Heterodera rostochiensis and related species*. CABI Descriptions of Plant Parasitic Nematodes, Set 2, No. 16. <https://www.cabi.org>
- Trudgill, D. L., & Blok, V. C. (2001). Apomictic, polyphagous root-knot nematodes: exceptionally successful and damaging biotrophic root pathogens. *Annual Review of Phytopathology*, 39, 53–77. <https://doi.org/10.1146/annurev.phyto.39.1.53>
- Turner, S. J., & Evans, K. (1998). The origins, global distribution, and biology of potato cyst nematodes (*Globodera rostochiensis* and *Globodera pallida*). *Nematropica*, 28, 127–168. <https://journals.flvc.org/nematropica>
- Whitehead, A. G., & Hemming, J. R. (1965). A comparison of some quantitative methods of extracting small vermiform nematodes from

soil. *Annals of Applied Biology*,
55(1), 25–38.
<https://doi.org/10.1111/j.1744-7348.1965.tb07864>.