

Peran Nematoda Hidup Bebas di Dalam Tanah

DALE AKBAR YOGASWARA

Departemen Biologi, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Padjadjaran
Jl. Bandung-Sumedang Km. 21 Jatinangor, Indonesia. 45363
Email: dale.akbar@gmail.com

ABSTRACT

Free-living nematodes are one of the most important soil fauna due to their great abundance and diversity. They also occupy nearly every niche of the food web because they have a variety of eating habits: bacterivore, fungivore, carnivore and omnivore. Therefore nematodes are able to provide various benefits and play an important role in several processes in the soil. They participate in the degradation of soil organic matter and the nutrient cycle. The presence of free-living nematodes can also be used as biocontrol of pest populations through predation and entomopathogen mechanisms. Nematode communities can also be used as bioindicators of ecosystem health and monitoring of ecosystem succession rates. This study will provide a brief overview of the role of nematodes living freely in soil.

Keywords: biocontrol; bioindikator; entomopatogen; nematode

INTISARI

Nematoda hidup bebas adalah salah satu fauna tanah terpenting karena kelimpahan dan keanekaragamannya yang besar. Mereka juga menempati hampir setiap relung jaring makanan karena memiliki beragam kebiasaan makan: bakterivora, fungivora, karnivora, dan omnivora. Oleh karena itu nematoda mampu memberikan berbagai manfaat dan berperan penting dalam beberapa proses di dalam tanah. Mereka berpartisipasi dalam penguraian bahan organik tanah dan siklus nutrisi. Kehadiran nematoda hidup bebas juga dapat digunakan sebagai biokontrol populasi hama melalui mekanisme predasi dan entomopatogen. Komunitas nematoda juga dapat digunakan sebagai bioindikator kondisi dan pemantauan tingkat suksesi ekosistem. Kajian ini akan memberikan gambaran singkat tentang peran nematoda hidup bebas di dalam tanah dan mengenalkan lebih jauh tentang nematoda hidup bebas.

Kata kunci: biokontrol; bioindikator; entomopatogen; nematoda

PENDAHULUAN

Nematoda adalah cacing gelang transparan akuatik, mikroskopis, tidak bersegmen, dan bergantung pada lapisan air di dalam tanah untuk melakukan aktivitas. Bentuk tubuh keseluruhan silinder dan meruncing pada kedua ujung tubuh. Nematoda memiliki sistem pencernaan lengkap, yang terdiri dari stoma (rongga mulut), faring (atau kerongkongan), usus dan rektum yang terbuka secara eksternal pada anus (Coleman & Wall, 2015). Merupakan salah satu hewan paling beragam dan melimpah di Bumi. Empat dari setiap lima multiseluler dan hampir 90% multiseluler di bumi adalah nematoda (Shah & Mahamood, 2017). Sejauh ini terdapat lebih dari 25.000 spesies yang dideskripsikan untuk kelompok nematoda tanah (Orgiazzi *et al.*, 2016). Secara kelimpahan, nematoda tanah didominasi oleh kelompok hidup bebas dan sebagian lagi merupakan parasit (Hunt *et al.*, 2018).

Kemampuan nematoda hidup bebas untuk memiliki banyak preferensi makan dan

hidup di berbagai habitat disebabkan oleh adaptasi morfologis dan strategi bertahan hidup mereka. Nematoda bertahan dalam kondisi yang paling ekstrim (pengerangan, pemanasan, pembekuan, tekanan osmotik dan oksigen) dengan mematikan metabolisme mereka, mengubah jalur biokimia dan bentuk tubuh mereka dan memasuki keadaan dormansi atau kriptobiosis. Kondisi ini dapat dibalik ketika kondisi lingkungan kembali menguntungkan (Orgiazzi *et al.*, 2016).

Preferensi makan nematoda dibagi berdasarkan perbedaan struktur morfologi pada stoma (mulut) (Wilecki *et al.*, 2015; Shah & Mahamood, 2017). Perbedaan struktur stoma akan memberikan informasi jenis makanan yang dikonsumsi oleh nematoda. Ada perbedaan istilah dari beberapa literatur untuk penamaan perbedaan struktur stoma, sebagai contoh Ney *et al.* (2018) menyebutnya dengan tingkat trofik dan Decraemer *et al.* (2014) menyebutnya dengan preferensi makan. Istilah preferensi makan digunakan pada tingkat

populasi, sedangkan tingkat trofik digunakan pada tingkat struktur komunitas. Preferensi makan nematoda hidup bebas terbagi menjadi empat, yaitu bakterivora, fungivora, karnivora, dan omnivora (Decraemer *et al.*, 2014; Wilecki *et al.*, 2015).

Melalui aktivitas makan ini nematoda memainkan peran penting dalam ekosistem dengan berkontribusi pada aliran energi dan siklus nutrisi (Abebe *et al.*, 2010; Ilieva-Makulec *et al.*, 2014), mereka juga dapat berfungsi sebagai indikator perubahan lingkungan (Poharel, 2011). Nematoda yang hidup bebas cocok digunakan dalam studi bioindikator, nitrogen, dan mineralisasi hara tanah lainnya (Poharel, 2011). Selain itu, nematoda dapat dianggap sebagai organisme menguntungkan dalam agroekosistem karena berkontribusi pada degradasi sisa tanaman dan pengendalian hama (Gokte-Narkhedkar, 2006). Di Indonesia peran nematoda hidup bebas di dalam ekosistem kurang mendapat perhatian, melalui ulasan ini diharapkan mampu memberikan gambaran singkat tentang peran mereka dan memperkenalkan lebih jauh tentang nematoda hidup bebas di dalam tanah.

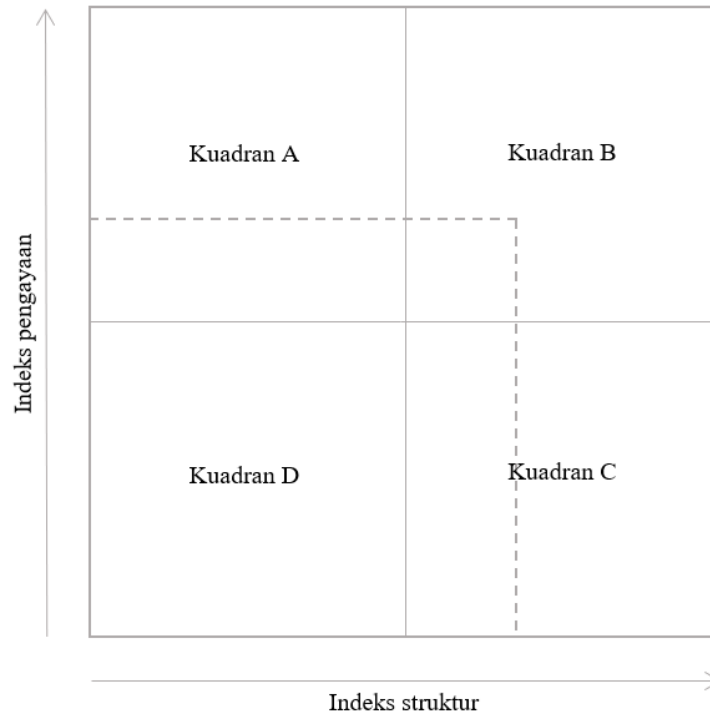
BIOINDIKATOR

Komunitas nematoda pada suatu ekosistem dapat digunakan sebagai bioindikator kondisi ekosistem tersebut. Hal ini dikarenakan nematoda merupakan organisme yang lebih unggul sebagai bioindikator dibandingkan dengan fauna tanah lain karena memiliki beberapa atribut penting. Nematoda memiliki kelimpahan yang besar, keberagaman tingkat trofik, strategi hidup yang beragam (Brussaard *et al.*, 2006), dan merespon dengan cepat terhadap perubahan ketersediaan makanan dan lingkungan (Diemon & Martin, 2005). Atribut ini diinterpretasikan oleh Tim Bongers pada tahun 1990 untuk mengelompokkan famili nematoda ke dalam skala c-p (*colonizer-persister*) yang bernilai 1-5. Berdasarkan strategi hidup, famili nematoda

dalam c-p 1 bersifat oportunistik dan toleran terhadap gangguan (*r-strategists*), sedangkan famili dengan cp-5 dicirikan oleh waktu generasi yang lama, fekunditas rendah, dan kepekaan tinggi terhadap gangguan (*K-strategists*) (Quist *et al.*, 2019). Secara teknis, jika suatu ekosistem didominasi oleh populasi nematoda c-p 1-2, maka ekosistem tersebut berada dalam gangguan atau stres. Sebaliknya, jika suatu ekosistem didominasi oleh populasi nematoda c-p 4-5, maka ekosistem tersebut tidak berada dalam gangguan atau stabil.

Komunitas nematoda hidup bebas di dalam tanah juga dapat digunakan sebagai indikator kondisi jaring makanan. Ferris *et al.* (2001) membuat analisis jaring makanan dengan menggunakan beberapa indeks fungsional komunitas. Pertama, analisis ini membutuhkan pengelompokan setiap famili nematoda yang didapatkan ke dalam preferensi makan (bakterivora, fungivora, karnivora, dan omnivora) dan digabungkan dengan skala c-p. Hasil pengelompokan ini akan digunakan untuk perhitungan empat indeks (memiliki nilai 0-100): indeks struktur (SI), indeks pengayaan (EI), indeks kanal (CI), dan indeks basal (BI). Semakin tinggi nilai SI akan mencerminkan ekosistem yang sehat dan stabil. EI merupakan indikator pengayaan, semakin tinggi nilai EI maka mencerminkan tanah yang terganggu dan tidak subur, karena meledaknya populasi nematoda bakterivora.

Nilai EI yang mencerminkan kondisi ekosistem yang baik adalah >50. CI merupakan indeks yang digunakan untuk mengetahui dekomposer utama di dalam ekosistem. Jika nilai EI >50 maka bakteri sebagai dekomposer utama dan jika EI >50 maka fungi sebagai dekomposer utama. Nilai BI akan mencerminkan kesehatan ekosistem, ekosistem yang sehat akan ditandai dengan nilai BI yang rendah (Berkelmans *et al.*, 2003).



Gambar 1. Kuadran yang mencerminkan struktur dan fungsi jaring makanan (Ferris *et al.*, 2001)

Gabungan SI dan EI juga dapat digunakan untuk menganalisis tahap suksesi ekosistem dari kondisi jaring makanan. Kedua indeks ditransformasi ke dalam koordinat kartesius dengan nilai SI sebagai sumbu x dan nilai EI sebagai sumbu y (Gambar 1). Hasil transformasi akan dikelompokkan ke dalam empat kuadran yang memiliki karakteristik ekosistem yang spesifik (Tabel 1). Kuadran D merupakan jaring makanan dengan kondisi

yang paling buruk dan membutuhkan beberapa pengelolaan untuk mengembalikan ke kondisi yang lebih baik. Kuadran C mencerminkan keberhasilan suksesi dengan kondisi jaring makanan yang terstruktur dan stabil. Kuadran A dan B umumnya dimiliki oleh tanah pertanian, dicirikan dengan pemberian pengayaan dengan gangguan moderat hingga tinggi akibat dari aktivitas manusia.

Tabel 1. Interpretasi kuadran kondisi jaring makanan tanah.

Diagnosis	Kuadran			
	A	B	C	D
Gangguan Pengayaan	Tinggi Pengayaan N	Rendah-moderat Pengayaan N	Tidak terganggu Moderat	Stres Habis
Pengurai	Bakteri	Seimbang	Fungi	Fungi
Rasio C:N	Rendah	Rendah	Moderat-tinggi	Tinggi
Kondisi jaring makanan	Terganggu	Matang	Terstruktur	Terdegradasi

Sumber: Ferris *et al.*, 2001

DEKOMPOSISI

Nematoda memiliki peran penting dalam dekomposisi detritus di dalam tanah (Mekonen *et al.*, 2017). Namun peran ini tidak dilakukan secara langsung dengan mengonsumsi materi organik dari detritus, melainkan dengan cara meningkatkan aktivitas dan populasi mikroba

(Sultana & Bohra, 2012). Menurut De Mesel *et al.* (2003), nematoda meningkatkan aktivitas dan populasi mikroba melalui tiga cara: bioturbasi yang menghasilkan difusi oksigen dan nutrisi yang lebih tinggi, sekresi senyawa kaya nutrisi seperti lendir, dan penggembalaan. Penggembalaan nematoda pada mikroba dapat

meningkatkan aktivitas metabolisme, membuat tetap muda, dan aktif secara reproduktif (Yeates *et al.*, 2009). Hal ini terjadi dikarenakan sekitar 30% bakteri yang tertelan oleh nematoda bakterivora tidak tercerna dan masih bertahan hidup saat diekskresikan oleh nematoda (Brown *et al.*, 2004; Yeates *et al.*, 2009). Selain itu, kemampuan nematoda untuk menemukan area makan yang cocok dari kejauhan (misalnya: merasakan isyarat detritus) membuat nematoda menjadi vektor efisien dalam memindahkan mikroba dari area makan yang telah terjadi penipisan sumber daya ke area makan yang lebih sesuai (Yeates *et al.*, 2009). Saat terjadi migrasi, nematoda juga akan menghasilkan koloni bakteri di sepanjang jalur migrasi akibat dari eksresi yang ditinggalkan (Fu *et al.*, 2005). Migrasi juga dapat dianggap sebagai proteksi terhadap populasi bakteri, karena memindahkan bakteri ke tempat yang lebih menguntungkan (Xu *et al.*, 2015).

SIKLUS NUTRISI

Siklus nutrisi pada ekosistem terestrial terbesar disumbangkan oleh melalui dekomposisi. Melalui dekomposisi inilah materi organik diubah menjadi materi nonorganik (dimanfaatkan tumbuhan) yang diawali oleh proses predasi oleh fauna tanah terhadap mikroba dekomposer. Kontribusi fauna tanah terhadap siklus nutrisi ditentukan oleh kelimpahan, komposisi komunitas, dan interaksinya dengan faktor lingkungan lain (DuPont *et al.*, 2009). Keberagaman preferensi makan dan tingkat tropik yang dimiliki nematoda memungkinkan kelompok ini untuk berperan secara langsung maupun tidak langsung terhadap siklus nutrisi.

Secara langsung, melalui proses makan nematoda mendaur ulang mineral dan nutrisi lainnya dari bakteri, fungi, dan substrat lainnya kembali ke tanah dan dapat diakses oleh akar tanaman. Nematoda mengeluarkan amonium sebagai produk sampingan karena mangsanya umumnya memiliki rasio karbon terhadap nitrogen yang lebih rendah daripada yang dibutuhkan nematoda. Secara tidak langsung, mereka membebaskan nitrogen yang diimobilisasi oleh mikroba melalui metabolisme dan ekskresi serta pembuangan

mikroba ke substrat yang lebih sesuai. Nematoda bakteri dan predator diperkirakan berkontribusi (secara langsung dan tidak langsung) masing-masing sekitar 8% hingga 19% dari mineralisasi nitrogen dalam sistem pertanian konvensional dan terintegrasi (Neher, 2010).

BIOKONTROL HAMA

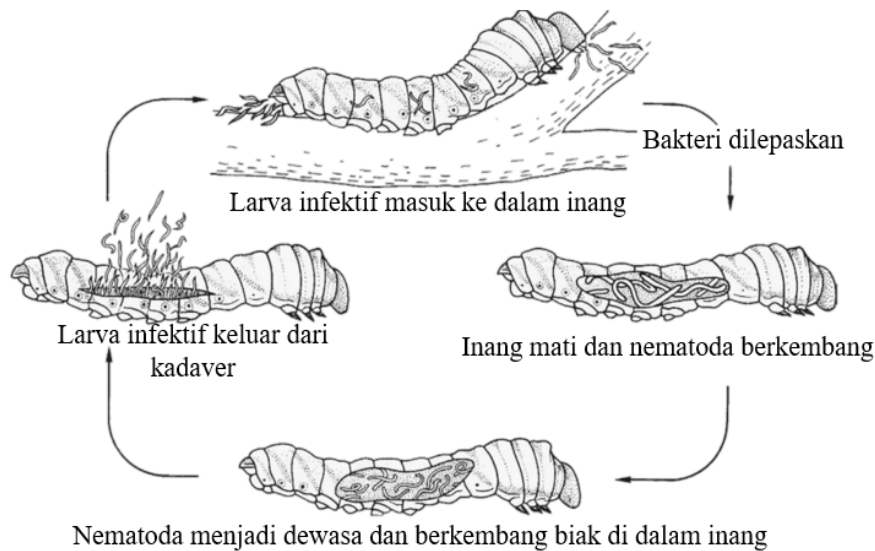
Lebih dari 30 famili nematoda diketahui memiliki kemampuan sebagai biokontrol terhadap nematoda parasit, serangga, tungau, dan moluska (Stock & Hunt, 2005). Penggunaan biokontrol juga lebih dianjurkan dibandingkan dengan pestisida kimia, karena lebih ramah terhadap lingkungan (Mekonen *et al.*, 2017). Secara mekanisme penyerangan, nematoda memiliki tiga mekanisme biokontrol: predasi (Bilgrami & Brey, 2005) dan entomopatogen (Griffin *et al.*, 2005). Predasi dimiliki oleh nematoda karnivora yang termasuk ke dalam empat ordo: Mononchida, Dorylaimida, Diplogasterida, dan Aphelenchida (Bilgrami & Brey, 2005; Khan & Kim, 2007). Pada ekosistem alami, nematoda karnivora merupakan kelompok pengendali populasi dari nematoda parasit tanaman (Roy & Borah, 2020).

Secara umum, keempat ordo memiliki mekanisme predasi yang berbeda, disesuaikan dengan ornamen yang dimiliki oleh rongga mulut (stoma) nematoda (Bilgrami & Brey, 2005). Ordo Mononchida dan Diplogasterida memiliki kebiasaan untuk menelan mangsa secara utuh, karena memiliki ukuran stoma dan tubuh yang besar. Dorylaimida dan Aphelencida harus menusuk mangsanya dengan stilet atau pemotong karena ukuran stoma yang kecil. Setelah menusuk mangsa, Dorylaimida akan memotong mangsa menjadi bagian kecil dan Aphelencida akan menyuntikkan enzim untuk melumpuhkan mangsanya (Bilgrami & Brey, 2005; Khan & Kim, 2007). Penggunaan nematoda karnivora sebagai bioindikator masih memiliki tantangan, yaitu memanipulasi populasi mereka di dalam tanah agar mampu mengontrol populasi nematoda parasit dengan efektif.

Koppenhöfer (2007) menyebutkan setidaknya terdapat 23 famili nematoda yang

memiliki hubungan parasitisme dengan serangga dan 7 famili yang memiliki potensi sebagai bioindikator. Namun hanya dua famili yang mendapatkan perhatian serius yaitu Steinernematidae dan Heterorhabditidae (Lacey *et al.*, 2001), karena memiliki beberapa atribut yang mendukung sebagai agen biokontrol yang efektif (Lacey & Georgis, 2012). Istilah nematoda entomopatogen sendiri mengacu pada kemampuan nematoda untuk membunuh inang (serangga) dengan cepat (1-4 hari bergantung pada nematoda dan spesies inang) yang difasilitasi oleh hubungan mutualistik nematoda dengan bakteri dalam

genus *Xenorhabdus* untuk Steinernematidae dan *Photorhabdus* untuk Heterorhabditidae. Selama siklus hidupnya (Gambar 2), hanya larva 3 nematoda entomopatogen yang berada di luar inang dan hidup bebas di dalam tanah. Larva nematoda terbawa ke dalam dalam usus. Setelah menemukan inang yang sesuai, larva menginvasi melalui bukaan inang (mulut, spirakel, anus) atau area kutikula yang tipis dan menembus ke dalam hemocoel inang. Larva kemudian melepaskan bakteri simbiosisnya yang menyebar dan membunuh inangnya (Koppenhöfer, 2007).



Gambar 2. Siklus hidup nematoda entomopatogen di dalam larva Lepidopteran (Garcia-del-Pino *et al.*, 2018)

KESIMPULAN

Nematoda memberikan peran yang beragam dalam tanah melalui aktivitas makannya. Nematoda meningkatkan aktivitas dan populasi mikroba sehingga meningkatkan laju dekomposisi di dalam tanah; berperan penting dalam siklus nutrisi; menjadi bioindikator yang unggul; dan mampu menjadi biokontrol yang efektif terhadap nematoda parasit tanaman. Ke depannya komunitas nematoda dapat digunakan untuk meningkatkan kualitas praktik pertanian melalui pemantauan kesehatan tanah, agar terwujud sistem pertanian yang berkelanjutan.

DAFTAR PUSTAKA

- Abebe, E., Mekete, T., and Thomas, WK. 2010. A critique of current methods in nematode taxonomy. *African Journal of Biotechnology*. vol 10(3): 312-323. doi: 10.5897/AJB10.1473.
- Berkelmans, R., Ferris, H., Tenuta, M., and van Bruggen, AHC. 2003. Effects of long-term crop management on nematode trophic levels other than plant feeders disappear after 1 year of disruptive soil management. *Applied Soil Ecology*. vol 23(3): 223-235. doi: 10.1016/s0929-1393(03)00047-7.
- Bilgrami, AL and Brey, C. 2005. Potential of Predatory Nematodes to Control Plant-Parasitic Nematodes. In PS Grewal, R Ehlers, and DI Shapiro-Ilan (Eds.). *Nematodes as Biocontrol Agents*. Massachusetts: CABI Publishing.
- Brown, DH., Ferris, H., Fu, S., and Plant, R. 2004. Modeling direct positive feedback between predators and prey. *Theoretical Population*

- Biology*. vol 65(2): 143–152. doi: 10.1016/j.tpb.2003.09.004.
- Brussaard, L., Pulleman, MM., Ouedraogo, É., Mando, A., and Six, J. 2007. Soil fauna and soil function in the fabric of the food web. *Pedobiologia*. vol 50(6): 447–462. doi: 10.1016/j.pedobi.2006.10.007.
- Coleman, DC and Wall, DH. 2015. Soil Fauna: Occurrence, Biodiversity, and Roles in Ecosystem Function. In E.A Paul (Ed.). *Soil Fauna. Soil Microbiology, Ecology and Biochemistry*, Fourth Edition. London: Academic Press. doi: 10.1016/b978-0-12-415955-6.00005-0.
- Decraemer, W., Coomans, A., and Baldwin, J. 2014. Morphology of nematoda. In A. Schmidt-Rhaesa (Ed.). *Handbook of Zoology: Gastrotricha, Cycloneuralia and Gnathifera*, Volume 2. Berlin: Walter de Gruyter.
- De Mesel, I., Derycke, S., Swings, J., Vincx, M., and Moens, T. 2003. Influence of bacterivorous nematodes on the decomposition of cordgrass. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*. vol 296(2): 227–242. doi: 10.1016/s0022-0981(03)00338-1.
- Diemont, SAW and Martin, JF. 2005. Management impacts on the trophic diversity of nematode communities in an indigenous agroforestry system of Chiapas, Mexico. *Pedobiologia*. vol 49(4): 325–334. doi: 10.1016/j.pedobi.2005.02.003.
- DuPont, ST., Ferris, H., and Van Horn, M. 2009. Effects of cover crop quality and quantity on nematode-based soil food webs and nutrient cycling. *Applied Soil Ecology*. vol 41(2): 157–167. doi: 10.1016/j.apsoil.2008.10.004.
- Ferris, H., Bongers, T., and de Goede, RGM. 2001. A framework for soil food web diagnostics: extension of the nematode faunal analysis concept. *Applied Soil Ecology*. vol 18: 13–29. doi: 10.1016/S0929-1393(01)00152-4.
- Fu, S., Ferris, H., Brown, D., and Plant, R. 2005. Does the positive feedback effect of nematodes on the biomass and activity of their bacteria prey vary with nematode species and population size? *Soil Biology and Biochemistry*. 37(11): 1979–1987. doi: 10.1016/j.soilbio.2005.01.018.
- Garcia-del-Pino, F., Morton, A., and Shapiro-Ilan, D. 2018. Entomopathogenic Nematodes as Biological Control Agents of Tomato Pests. In W Wakil, GE Brust, TM Perring (Eds.). *Sustainable Management of Arthropod Pests of Tomato*. London: Academic Press. doi: 10.1016/b978-0-12-802441-6.00012-7.
- Griffin, CT., Boemare, NE., and Lewis, EE. 2005. Entomopathogenic Nematode: Biology and Behaviour. In PS Grewal, R Ehlers, and DI Shapiro-Ilan (Eds.). *Nematodes as Biocontrol Agents*. Massachusetts: CABI Publishing.
- Gokte-Narkhedkar, N., Mukewar, PM., and Mayee, CD. 2006. Plant parasitic nematodes of cotton-farmers hidden enemy. *CICR Technical Bulletin*. 27: 1–28.
- Ilieva-Makulec, K., Bjarnadottir, B. and Sigurdsson, BD. 2014. Nematode diversity, abundance and community structure 50 years after the formation of the volcanic island of Surtsey. *Biogeosciences*. 11: 14239–14267. doi: 10.5194/bgd-11-14239-2014.
- Khan, Z and Kim, YH. 2007. A review on the role of predatory soil nematodes in the biological control of plant-parasitic nematodes. *Applied Soil Ecology*. vol 35(2): 370–379. doi: 10.1016/j.apsoil.2006.07.007.
- Koppenhöfer, AM. 2007. Nematodes. In AL Lacey and HK Kaya (Eds.). *Field Manual of Techniques in Invertebrate Pathology: Application and Evaluation of Pathogens for Control of Insects and Other Invertebrate Pests*, Second Edition. Dordrecht: Springer.
- Lacey, AL and Georgis, R. 2012. Entomopathogenic nematodes for control of insect pests above and below ground with comments on commercial production. *Journal of Nematology*. vol 44(2): 218–225.
- Lacey, AL., Frutos, R., Kaya, H., and Vail, P. 2001. Insect pathogens as biological control agents: Do they have a future? *Biological Control*. vol 21(3): 230–248. doi: 10.1006/bcon.2001.0938.
- Mekonen, S., Petros, I., and Hailemariam, M. 2017. The role of nematodes in the processes of soil ecology and their use as bioindicators. *Agriculture and Biology Journal of North America*. 8(4): 132–140. doi: 10.5251/abjna.2017.8.4.132.140.
- Neher, DA. 2010. Ecology of plant and free-living nematodes in natural and agricultural soil. *Annual Review of Phytopathology*. vol 48(1): 371–394. doi: 10.1146/annurev-phyto-073009-114439.
- Ney, L., Franklin, D., Mahmud, K., Cabrera, M., Hancock, D., Habteselassie, M., and Newcomer, Q. 2018. Examining trophic-level nematode community structure and nitrogen mineralization to assess local effective microorganisms' role in nitrogen availability of swine effluent to forage crops. *Applied Soil Ecology*. vol 130: 209–218. doi: 10.1016/j.apsoil.2018.06.015.
- Orgiazzi, A., Bardgett, RD., Barrios, E., Behan-Pelletier, V., Briones, MJI., Chotte, JL., De Deyn, GB., Eggleton, P., Fierer, N., Fraser, T., Hedlund, K., Jeffery, S., Johnson, N.C., Jones, A., Kandeler, E., Kaneko, N., Lavelle, P., Lemanceau, P., Miko, L., Montanarella, L., Moreira, FMS., Ramirez, KS., Scheu, S., Singh, BK., Six, J., van der Putten, WH., Wall, DH. 2016. *Global Soil Biodiversity Atlas*. Luxembourg: Publications Office of the European Union.
- Quist, CW., Gort, G., Mooijman, P., Brus, DJ., Van den Elsen, S., Kostenko, O., Vervoort, M., Bakker, J., Van der Putten, WM., and Helder, J. 2019. Spatial distribution of soil nematodes relates to soil

- organic matter and life strategy. *Soil Biology and Biochemistry*. vol 136: 1-11. doi: 10.1016/j.soilbio.2019.107542.
- Roy, P and Borah, A. 2020. Role of Predeceous nematodes in plant disease management. *The Pharma Innovation Journal*. vol 9(3): 463-467.
- Shah, MM and Mahamood M. 2017. Introductory Chapter: Nematodes - A Lesser Known Group of Organisms. In MM Shah and M Mahamood (Eds.). *Nematology - Concepts, Diagnosis and Control*. Rijeka: InTech. doi: 10.5772/intechopen.68589.
- Stock, SP and Hunt, DJ. 2005. Morphology and Systematics of Nematodes used in Biocontrol. In PS Grewal, R Ehlers, and DI. Shapiro-Ilan (Eds.). *Nematodes as Biocontrol Agents*. Massachusetts: CABI Publishing.
- Sultana, R and Bohra, P. 2012. Diversity and abundance of nematodes in the sewage of Jodhpur, Rajasthan, India. *Journal of Threatened Taxa*. 4(5): 2614–2616. doi: 10.11609/JoTT.o3044.2614-6.
- Wilecki, M., Lightfoot, JW., Susoy, V., and Sommer, RJ. 2015. Predatory feeding behaviour in *Pristionchus* nematodes is dependent on phenotypic plasticity and induced by serotonin. *Journal of Experimental Biology*. 218(9): 1306–1313. doi: 10.1242/jeb.118620.
- Xu, L., Xu, W., Jiang, Y., Hu, F., and Li, H. 2015. Effects of interactions of auxin-producing bacteria and bacterial-feeding nematodes on regulation of peanut growths. *PLoS ONE*. vol 10(4): 1-14. doi: 10.1371/journal.pone.0124361.
- Yeates, GW., Ferris, H., Moens, T., and Van Der Putten, WH. 2009. The Role of Nematodes in Ecosystems. Dalam MJ Wilson and T Kakouli-Duarte (eds.). *Nematode as Environment Indicators*. Massachusetts: CABI Publishing.