

ASPECTOS MORFOLÓGICOS E FISIOLÓGICOS DA INTERAÇÃO PATÓGENO-HOSPEDEIRO DURANTE O PARASITISMO DE *Meloidogyne* spp. EM *Coffea* spp.

Íris Petronilia Dutra, Ayssa Oliveira Parreira, Rayla Vieira Frangilo, Wallace Silva Vitorino Dias, Camila Marques Meneguelli, Fábio Ramos Alves, Willian Bucker Moraes.

Universidade Federal do Espírito Santo/Centro de Ciências Agrárias e Engenharias, Alto Universitário s/nº, 29500-000 – Alegre - ES, Brasil, iris.dutra@edu.ufes.br, ayssa.parreira@edu.ufes.br, raylavieira1997@gmail.com, wallaces.vd@gmail.com, camilameneguelli123@gmail.com, fabio.alves@ufes.br, willian.moraes@ufes.br.

Resumo

O atual trabalho tem como foco os impactos do parasitismo dos nematoides do gênero *Meloidogyne* sobre as alterações morfológicas e fisiológicas de *Coffea* spp. As informações foram reunidas utilizando-se fontes científicas para demonstrar como esses fitopatógenos afetam o desenvolvimento do cafeeiro, desde a formação de galhas nas raízes até a redução na eficiência da translocação de água e nutrientes, além da predisposição das plantas a outras doenças e aumento da sensibilidade a estresses ambientais. É necessário expandir as pesquisas para compreender melhor o impacto de outras espécies de *Meloidogyne* spp. sobre o cafeeiro para desenvolver novas estratégias de manejo.

Palavras-chave: Nematóide das galhas. Fisiologia. Cafeeiro.

Área do Conhecimento: Engenharia Agrônômica – Agronomia.

Introdução

O Brasil é atualmente o maior produtor e exportador de café do mundo, com uma estimativa de produção atual de 54,79 milhões de sacas, o que representa uma redução de 0,5% em relação à safra anterior, segundo os dados estimados pelo 3º Levantamento da Safra de Café 2024 disponibilizado pela Companhia Nacional de Abastecimento (CONAB, 2024).

Diversas espécies de nematoides das galhas parasitam esta cultura, sendo as principais *M. paranaensis*, *M. incognita*, *M. exigua* e *M. coffeicola*. Destacam-se, entre essas *M. exigua*, devido à sua ampla distribuição geográfica, *M. paranaensis* e *M. incognita* devido ao nível elevado de danos causados às plantas. (BARROS et al., 2014)

Os sintomas diretos do parasitismo de *Meloidogyne* spp. sobre as plantas são visíveis nas raízes, como galhas, fendilhamentos e descorticamento, resultando na redução de seu desenvolvimento (FERRAZ et al., 2016). Além disso, os fitonematoides alteram células radiculares que funcionam como potentes drenos metabólicos, e consequentemente, sintomas fisiológicos como redução na transpiração, condutância estomática e na concentração de CO₂, bem como a redução no teor de amido presentes nas raízes e na fotossíntese também são caracterizados como sintomas reflexo do parasitismo por *Meloidogyne* spp. no cafeeiro. (PROT e MATIAS, 1995; DOS GOULART et al., 2019).

A interação entre o patógeno e planta hospedeira também provoca sintomas reflexos, oriundos do comprometimento da translocação de água e nutrientes do solo para a parte aérea (BARKER, 2003; OLIVEIRA et al., 2011).

Objetiva-se com a presente revisão reunir as informações disponíveis sobre a ação de *Meloidogyne* spp. em cafeeiros com enfoque nos aspectos morfológicos e fisiológicos dessa interação, e abordando como esses parasitas impactam o desenvolvimento da planta, desde alterações nas raízes até os efeitos nas funções vitais, como a fotossíntese e o metabolismo energético.

Metodologia

A informações obtidas nesse estudo foram obtidas por meio de um levantamento bibliográfico abrangente sobre o tema abordado. Para tal, foram consultadas fontes teóricas de relevância e atualizadas, que incluíram livros, artigos em periódicos e publicações científicas, oriundos de diferentes plataformas de pesquisas, tais como Google Scholar, Periódicos Capes, Pubmed, Redalyc, Scielo e Scopus. As informações coletadas foram submetidas à análise crítica para avaliar a confiabilidade e a precisão dos resultados.

Resultados

Após a invasão das raízes de cafeeiro por *Meloidogyne* spp. e o estabelecimento de sítios de alimentação permanente, que causa hipertrofia e hiperplasia celular, as galhas são formadas próximo ao cilindro vascular, ocasionando alterações diretas e indiretas na morfologia e fisiologia da planta (NIEBEL et al., 1994). Dependendo de fatores como espécie, densidade populacional e condições ambientais, a espoliação de nutrientes e toxicidade causadas pelos fitonematóides podem variar, mas, frequentemente, os sintomas na parte aérea podem ser confundidos com deficiências nutricionais ou hídricas, dificultando o diagnóstico (DOS GOULART et al., 2019).

A interação entre *Meloidogyne* spp. e *Coffea* spp. afeta negativamente o desenvolvimento da planta devido às alterações na estrutura interna das raízes, como a formação de “células gigantes” que comprimem o sistema vascular, reduzindo a eficiência no transporte de água e nutrientes essenciais (BIRD, 1974). Além disso, essa interação pode predispor as plantas a outras patologias e aumentar sua sensibilidade a estresses ambientais (BARKER, 2003; OLIVEIRA et al., 2011).

A interação entre *M. incognita* e *M. paranaensis* com o cafeeiro conilon provoca modificações morfológicas semelhantes às observadas na interação com *C. arabica* que inclui a deformação nas raízes, caracterizada pelo engrossamento, rachaduras, fendilhamentos, escamações com deslocamento dos tecidos corticais, além da redução no desenvolvimento radicular (Barros et al., 2011), como é evidenciado na Figura 1.



Figura 1: Sintomas da interação *Meloidogyne incognita*. e raízes de cafeeiro conilon, clone 12V. Planta debilitada e sistema radicular com engrossamento, rachaduras e fendilhamentos, escamações com

deslocamento dos tecidos corticais e redução no desenvolvimento radicular (a, c e d). Amarelecimento na parte aérea. Fonte: Autores.

Os sintomas típicos de ataque de nematoides resultam na modificação de células que funcionam como um dreno de nutrientes da planta (MORILLO; SILVA, 2015; IBRAHIM et al., 2019), pois ao se apropriarem dos fotoassimilados disponíveis para o crescimento vegetal, ocorre uma redução no desenvolvimento vegetativo da planta hospedeira, resultando em um desfolhamento prematuro, enfraquecimento das plantas, amarelecimento e eventual morte.

Embora os sintomas diretos estejam associados à raiz, o parasitismo também induz as respostas sistêmicas na parte aérea, o que sugere que o monitoramento dos processos fisiológicos que podem fornecer informações sobre o impacto dos nematoides na fisiologia da planta (LABUDDA et al., 2018; LU et al., 2014).

Dos Goulart et. al., (2019), realizaram uma análise fisiológica comparativa em mudas de *C. arabica* da variedade 'Catuaí Vermelho IAC 144' infectadas por *M. paranaensis* e *M. exigua* em relação a cafeeiros sadios. Os autores observaram reduções na altura das plantas e no teor de amido presente nas raízes das plantas infectadas. Além disso, houve redução na transpiração, condutância estomática e concentração de CO₂, mas somente as mudas que foram inoculadas com *M. paranaensis* apresentaram redução na taxa de fotossíntese. As plantas parasitadas por ambas as espécies apresentaram menores teores foliares de P, K, Mn e Fe, enquanto apenas as mudas parasitadas por *M. paranaensis* apresentaram uma menor concentração de Ca.

Até o momento, há limitações sobre a compreensão das alterações fisiológicas e nutricionais desencadeadas por *Meloidogyne* spp. em cafeeiro, uma vez que apenas três das mais 90 espécies conhecidas de nematoides das galhas têm sido amplamente estudadas: *M. exigua*, *M. incognita* e *M. paranaensis*. Sendo assim, o foco da pesquisa e investigação científica é predominantemente direcionado a essas três espécies (BIRD et al., 2009).

Discussão

Devido ao parasitismo de *Meloidogyne* spp., sintomas visíveis tanto nas raízes quanto na parte aérea podem ser confundidos com deficiências nutricionais e hídricas, fatores que ressaltam a complexidade do diagnóstico e necessidade de um manejo correto. A interação entre *Meloidogyne* spp. e *Coffea* spp. promove alterações na morfologia e fisiologia do cafeeiro, incluindo a formação de galhas nas raízes, engrossamento, rachaduras, fendilhamentos, escamações com deslocamento dos tecidos corticais e redução no desenvolvimento radicular que, consequentemente afeta o transporte de água e nutrientes essenciais para o desenvolvimento da planta.

Além dos sintomas evidenciados acima, Dos Goulart et al. (2019) mostraram reduções importantes nas variáveis fisiológicas como a taxa de fotossíntese e teores foliares de nutrientes, reforçando a importância de aprofundar o estudo dessas respostas fisiológicas em diferentes condições e com diferentes espécies de nematoides.

O manejo integrado do cafeeiro deve ter como alvo não somente a redução da população de fitonematoides, mas também a resistência a outros fatores de estresse, tendo em vista a predisposição das plantas infectadas por *Meloidogyne* spp. a outros patógenos e ao aumento da vulnerabilidade dessa cultura a estresses ambientais.

Apesar dos dados disponíveis, ainda há uma certa limitação nos estudos que investigam os efeitos de outras espécies de *Meloidogyne* spp. sobre *Coffea* spp., além das três que são amplamente estudadas e difundidas. O foco restrito a elas evidencia a necessidade de ampliar as pesquisas abrangendo as outras espécies, já que a cultura do café traz um impacto econômico significativo para o Brasil.

Conclusão

A interação entre *Meloidogyne* spp. e *Coffea* spp. resulta em impactos significativos no desenvolvimento do cafeeiro, principalmente através das alterações nas raízes que comprometem a translocação de água e nutrientes essenciais. Esses efeitos prejudicam o desenvolvimento das plantas, aumentam a sua vulnerabilidade a outros patógenos e a estresses ambientais, ressaltando a necessidade de um manejo integrado eficaz.

Devido ao fato de que o conhecimento atual esteja focado em poucas espécies de *Meloidogyne* spp., é necessário a expansão das pesquisas para as outras espécies menos estudadas. Com o avanço das técnicas genômicas, novas oportunidades surgem, visando o desenvolvimento de estratégias de manejo que possam mitigar os danos causados pelos nematoides, garantindo saúde e produtividade para a cultura.

Referências

- BARROS, A. F. et al. *Meloidogyne paranaensis* attacking coffee trees in Espírito Santo State, Brazil. **Australasian Plant Disease Notes**, v. 6, p. 43-45, 2011.
- BARROS, A. F. et al. Root-knot nematodes, a growing problem for Conilon coffee in Espírito Santo state, Brazil. **Crop Protection**, v. 55, p. 74-79, 2014.
- BARKER, K. R. Perspectives on plant and soil nematology. **Annual review of phytopathology**, v. 41, n. 1, p. 1-25, 2003
- BIRD, Alan F. Plant response to root-knot nematode. **Annual Review of Phytopathology**, v. 12, n. 1, p. 69-85, 1974.
- BIRD, David McK et al. The genomes of root-knot nematodes. **Annual review of phytopathology**, v. 47, p. 333-351, 2009.
- CONAB. **Produção de café de 2024 é estimada em 54,79 milhões de sacas, influenciada por clima**. Disponível em: <https://www.conab.gov.br/ultimas-noticias/5740-producao-de-cafe-de-2024-e-estimada-em-54-79-milhoes-de-sacas-influenciada-por-clima>. Acesso em: 22 set. 2024.
- DOS GOULART, R. R. et al. *Meloidogyne paranaensis* and *M. exigua* alter coffee physiology. **Nematology**, v. 21, n. 5, p. 459-467, 2019.
- FERRAZ, L. C. C. B.; BROWN, D. J. F. Nematologia de plantas: fundamentos e importância. **Manaus: Norma Editora**, v. 1, p. 251, 2016.
- IBRAHIM, H. M. M.; AHMAD, E. M.; MARTÍNEZ-MEDINA, A.; ALY, M. A. M. Effective approaches to study the plant-root knot nematode interaction. **Plant Physiology and Biochemistry**, v. 141, n. 1, p. 332-342, 2019.
- LABUDDA, M. et al. Systemic changes in photosynthesis and reactive oxygen species homeostasis in shoots of *Arabidopsis thaliana* infected with the beet cyst nematode *Heterodera schachtii*. **Molecular Plant Pathology**, v. 19, n. 7, p. 1690-1704, 2018.
- LU, P. et al. Physiological effects of *Meloidogyne incognita* infection on cotton genotypes with differing levels of resistance in the greenhouse. **Journal of Nematology**, v. 46, n. 4, p. 352, 2014.
- MORILLO, S. R. C.; SILVA, G. S. Efeito antagônico de feijão-de-porco sobre *Meloidogyne enterolobii* em tomateiro. **Summa Phytopathologica**, v. 41, n. 4, p. 305 - 310, 2015.
- NIEBEL, A.; GHEYSEN, G.; VAN MONTAGU, M. Plant-cyst nematode and plant-root-knot nematode interactions. **Parasitology Today**, v. 10, n. 11, p. 424-430, 1994.

OLIVEIRA, D. S. *et al.* Characterization of *Meloidogyne incognita* populations from São Paulo and Minas Gerais state and their pathogenicity on coffee plants. **Tropical plant pathology**, v. 36, p. 190-194, 2011.

PROT, JC.; MATIAS, D. M. Effects of water regime on the distribution of *Meloidogyne graminicola* and other root-parasitic nematodes in a rice field toposequence and pathogenicity of *M. graminicola* on rice cultivar UPL R15. **Nematologica**, v. 41, p. 219-219, 1995.

Agradecimentos

Os autores agradecem à Universidade Federal do Espírito Santo pelo fornecimento do ensino de qualidade; à Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) e à Fundação de Amparo à Pesquisa e Inovação do Espírito Santo (FAPES), pela concessão de bolsa de doutorado.