

MICORRIZAS: UMA ALTERNATIVA A NEMATICIDAS CONVENCIONAIS NO CONTROLE DE FITONEMATOIDES

Mauro Gomes da Silva Júnior¹, Aelton Tonet¹, Glaucia Leticia Sete da Cruz¹, Adriely Vechiato Bordin¹, Thiago Komuro Moriyama¹, Rayane Monique Sete da Cruz²

¹Universidade Estadual de Maringá – UEM, Departamento de Ciências Agrônomicas, Campus de Umuarama. Estrada da Paca s/n, CEP: 87500-000, Bairro São Cristóvão, Umuarama, PR. E-mail: gomesmauro507@gmail.com, aeltonet@yahoo.com.br, glaucialeleticia@gmail.com

*autor correspondente: gomesmauro507@gmail.com

RESUMO: Mais de 4.100 espécies de nematoides parasitas de plantas (NPP) foram descritas, com algumas afetando variedades específicas de culturas e outras atingindo culturas economicamente importantes. O uso de nematicidas químicos tem sido uma estratégia comum para controlar esses parasitas, porém, eles apresentam riscos à saúde humana e ao meio ambiente. Portanto, o biocontrole, que emprega predadores naturais e organismos antagonistas aos nematoides, surge como uma alternativa segura e sustentável para o manejo de fitonematoides na agricultura. A interação entre os NPP e os fungos micorrízicos arbusculares (FMA) desperta interesse, uma vez que, plantas infectadas por FMA podem adquirir maior resistência ou tolerância aos nematoides, contribuindo para o controle eficaz dessas pragas agrícolas. Esta revisão busca compilar resultados sobre a utilização de micorrizas como uma abordagem promissora e segura em comparação com os nematicidas convencionais. Concluindo-se que o biocontrole por FMA é efetivo, mas dependente de diversos fatores, exigindo estudos individuais para embasar sua aplicação em campo.

PALAVRAS-CHAVE: *Meloidogyne* spp., *Pratylenchus* spp., biocontrole.

MYCORRHIZAS: AN ALTERNATIVE TO CONVENTIONAL NEMATICIDES IN THE CONTROL OF PHYTONEMATOIDES

ABSTRACT: More than 4,100 plant parasitic nematode (PPN) species have been described, with some affecting specific crop varieties and others affecting economically important crops. The use of chemical nematicides has been a common strategy to control these parasites, however, they pose risks to human health and the environment. Therefore, biocontrol, which employs natural predators and organisms antagonistic to nematodes, appears as a safe and sustainable alternative for the management of phytonematodes in agriculture. The interaction between PPN and arbuscular mycorrhizal fungi (AMF) arouses interest, since plants infected by AMF can acquire greater resistance or tolerance to nematodes, contributing to the effective control of these agricultural pests. This review seeks to compile results on the use of mycorrhizae as a promising and safe approach compared to conventional nematicides. Concluding that AMF biocontrol is effective, but dependent on several factors, requiring individual studies to support its application in the field.

KEY WORDS: *Meloidogyne* spp., *Pratylenchus* spp., biocontrol.

INTRODUÇÃO

Foram descritas mais de 4.100 espécies de nematoides parasitas de plantas (NPP), entre essas espécies, um grupo restrito de gêneros é reconhecido como os principais patógenos de plantas, enquanto outros têm sua especificidade limitada a uma variedade mais reduzida de culturas. No entanto, independentemente da extensão de sua gama hospedeira, todos esses nematoides causam um impacto significativo em culturas economicamente importantes. Suas atividades parasitárias podem resultar em danos consideráveis às plantações, afetando a produtividade e representando uma ameaça séria à segurança alimentar e à economia agrícola (Singh et al., 2015).

Devido ao considerável impacto econômico causado pelos NPP na agricultura, têm sido desenvolvidas diversas estratégias para o seu controle, incluindo o uso de nematicidas químicos. Contudo, a necessidade de estabelecer medidas efetivas de resistência a esses parasitas tem se tornado mais urgente levando em conta que pesticidas comerciais em sua maioria são prejudiciais à saúde humana e causam contaminação ambiental (Zhang et al., 2017).

Dessa forma, estratégias relacionadas ao biocontrole são consideradas uma alternativa muito mais segura e altamente viável para o manejo de fitonematoides. Essas abordagens buscam utilizar agentes biológicos, como predadores naturais e organismos antagonistas aos nematoides, para controlar suas populações e reduzir os danos nas plantações. Ao adotar o biocontrole, é possível mitigar os riscos associados aos produtos químicos sintéticos, promovendo uma abordagem mais sustentável e ambientalmente amigável no controle de nematoides na agricultura (Poveda et al., 2020).

Os NPP e os fungos micorrízicos arbusculares (FMA) utilizam as raízes das plantas como fonte de alimento e espaço. Essas interações entre os FMA e os NPP são de grande interesse devido à possibilidade de que as plantas infectadas pelos FMA possam adquirir maior resistência ou tolerância aos nematoides, uma vez que algumas espécies de NPP são consideradas pragas agrícolas de significância econômica (Hol e Cook, 2005).

Neste contexto, torna-se essencial conduzir estudos urgentes acerca de novas abordagens para o controle desses fitonematoides. Através desta revisão, que explora a utilização de fungos micorrízicos, almeja-se um compilado de resultados eficazes e seguros da utilização de micorrizas em comparação às alternativas convencionais (nematicidas) atualmente disponíveis.

REVISÃO

NEMATOIDES PARASITAS DE PLANTAS

Os NPP são fitonematoides parasitas responsáveis por ocasionar doenças nas plantas. Esses fitonematoides que infectam as raízes das plantas são classificados com base em sua localização: aqueles que se fixam e se alimentam de células na superfície externa das raízes são denominados ectoparasitas, ao passo que aqueles que se fixam e se alimentam de células nas regiões internas das raízes são chamados de endoparasitas. Ambas as categorias são subdivididas com base na forma de movimentação dentro da raiz. Os fitonematoides que apresentam livre movimentação dentro ou fora das raízes são referidos como migratórios, enquanto aqueles que se estabelecem em um local específico para se alimentar são denominados sedentários (Campos, 2020).

Os nematoides de galhas (*Meloidogyne* spp.) e os nematoides de lesão de raiz (*Pratylenchus* spp.) destacam-se como alguns dos fitonematoides economicamente mais significativos do planeta, pois penetram completamente nas raízes de uma ampla gama de culturas agrícolas (Vos et al., 2012).

Os nematoides das galhas, pertencentes ao gênero *Meloidogyne* spp., representam a classe mais comumente observada e prejudicial de nematoides parasitas de plantas em uma ampla variedade de espécies vegetais. A presença de galhas nas raízes é um critério distintivo utilizado pelos agricultores para identificar a maioria das espécies de *Meloidogyne*. Essas galhas são resultado de distúrbios fisiológicos nos tecidos radiculares, ocasionados pelas interações tróficas estabelecidas pelos nematoides do sexo feminino (Collange et al., 2011).

O nematoide de galha das raízes se reproduz principalmente por partenogênese mitótica, onde a fêmea madura deposita ovos em massas gelatinosas com matriz glicoproteica para proteção. Essas massas de ovos mudam de macias e claras para firmes e marrons. O ciclo de vida do nematoide das galhas tem quatro estágios juvenis e um estágio adulto. Os J₂ eclodem quando as condições são favoráveis e são atraídos para as raízes das plantas, onde se tornam sedentários e extraem nutrientes das células, formando células gigantes. A determinação do sexo é ambientalmente dependente, com mais machos produzidos em condições adversas. Os machos deixam o hospedeiro, enquanto as fêmeas produzem ovos na superfície da raiz em matriz gelatinosa (Subedi et al., 2020).

Os nematoides das lesões radiculares do gênero *Pratylenchus* spp. pertencem à família *Pratylenchidae* (Filo Nematoda e Ordem Tylenchina) e são endoparasitas migratórios, existem cerca de 100 espécies reconhecidas. Esses NPP têm a capacidade de causar perdas de rendimento de até 85% da produção esperada, podendo gerar perdas ainda maiores quando interagem sinergicamente com patógenos de plantas presentes no solo (Bucki et al., 2020).

Os nematoides das lesões radiculares, são parasitas internos e migratórios. Em algumas espécies que se reproduzem por partenogênese mitótica, como o *P. brachyurus*, a presença de machos é rara, enquanto em espécies anfimíticas, como o *P. coffeae*, eles são mais abundantes. O ciclo de vida do *Pratylenchus* é, em geral, semelhante ao de outros fitonematoides, passando por estágios que incluem ovos, quatro estágios juvenis (J₁ a J₄) e adultos. Os ovos são depositados individualmente nas raízes ou no solo. A quantidade total de ovos postos pelas fêmeas de *Pratylenchus* é difícil de determinar, mas informações disponíveis sugerem que elas põem poucos ovos (Inomoto e Oliveira, 2008).

MICORRIZAS

As associações mutualísticas entre espécies vegetais e fungos do solo existem a milhões de anos, e são denominadas de simbiose do tipo micorrízica, do grego mico (fungo) e riza (raiz) (Berbara et al., 2006). As associações com fungos micorrízicos estão muito presentes para maioria das plantas, em quase todos os ecossistemas, de desertos a florestas tropicais. Estimativas propõe que mais de 80% das plantas formam associações com fungos micorrízicos, sendo todas as gimnospermas micorrizáveis (Smith e Read, 2008).

Se trata de uma associação simbiótica pelo fato de ambos, espécies vegetais e fungos conviverem em um mesmo espaço físico e, mutualística, porque os dois podem se beneficiar dessa associação (Simard e Durall, 2004). Geralmente a relação de dependência é maior do fungo, que perdeu a capacidade de assimilar carbono passando a depender do hospedeiro como fonte de compostos orgânicos, enquanto para a planta o benefício é facultativo (Johnson et al., 2010). Além do fato que a simbiose desempenha um papel fundamental na ciclagem de carbono (C), nitrogênio (N) e fósforo (P) nos ecossistemas (Heijden et al., 2015).

Estão classificadas em dois grupos maiores de acordo com suas diferenças morfológica e fisiológica: endomicorriza e ectomicorriza (Brundrett, 2004). Nas endomicorrizas, os fungos formam estruturas dentro das células do córtex e também intercelularmente, e as membranas

do fungo e da planta estão em contato direto. Dentre os vários tipos existentes as mais conhecidas são a arbuscular (MA), ericoide e orquídea (Marchnner, 2012).

As micorrizas arbusculares são as mais abundantes, sendo que aproximadamente 74% de todas as espécies de plantas formam associações com fungos do gênero *Glomeromycota* e são caracterizados pela formação de estruturas celulares dentro das células do córtex da raiz, hifas intercelulares no córtex e um micélio externo circundando a raiz (Smith e Read, 2008).

As ectomicorrizas ocorrem principalmente em raízes de espécies arbóreas e, ocasionalmente, em plantas herbáceas e gramíneas (Smith e Read, 2008). São comuns no hemisfério Norte, em espécies arbóreas como as do gênero *Pinaceae*. Formam uma bainha fúngica característica ao redor das raízes, penetrando no espaço intercelular da raiz, formando uma rede chamada de Rede de Hartig, que penetra entre as células epidérmicas e corticais. Como o fungo não penetra na célula, a transferência de nutrientes ocorre através das paredes celulares e membranas de ambos (Marchnner, 2012).

FUNGOS MICORRÍZICOS NO CONTROLE DE FITONEMATOIDES

Messa (2020), avaliou o efeito dos FMAs *Claroideoglobus etunicatum* e *Rhizophagus clarus* como agente biocontrolador e indutor de resistência de *Meloidogyne incognita* e constatou que o FMA *R. clarus* possui eficiência em atenuar a presença do nematoide no solo e raiz, reduzindo a infectividade do patógeno em 88% e 90% de ovos + J₂ na raiz e no solo respectivamente.

Pinheiro et al. (2014), objetivaram avaliar o potencial de FMA, isolados de solos de cerrado nativo, em reduzir a infectividade de *M. enterolobii* em mudas de goiabeira identificando que todos os isolados de FMA oriundos do bioma cerrado foram eficientes na colonização das raízes, reduziram o número de galhas do nematoide e afetaram a reprodução.

Nafady et al. (2022), mensuraram o potencial de biocontrole dos bioagentes fungos micorrízicos arbusculares e promotores de crescimento vegetal contra nematoides das galhas do tomateiro (*Meloidogyne javanica*) enfatizando que a aplicação de FMA não só reduziu a população de nematoides e a taxa de penetração, mas também melhorou o crescimento da planta, aumentou o teor de elementos nutricionais e estimulou a resistência sistemática da planta.

Sharma et al. (2021), estudaram dois fungos micorrízicos, *Glomus mosseae* e *Gigaspora gigantea*, na presença de nematoides *M. javanica* em mudas de berinjela, constatando que no geral, esta pesquisa mostrou que os fungos MA podem ser uma solução sustentável para o problema de nematoide das galhas na berinjela.

Mousa et al. (2021), avaliaram FMA em diferentes doses (0,5, 1, 2 ou 4%) e diferentes tempos de aplicação (uma semana antes, ao mesmo tempo e uma semana depois) da inoculação de nematoides foram avaliados em parâmetros de nematoides de plantas de tomateiro infectadas com *Meloidogyne* spp. e mostraram que todas as diferentes doses de FMA reduziram significativamente todos os parâmetros de nematoides (número de galhas, massas de ovos, fêmeas/sistema radicular e número de J₂/250 g de solo) em comparação com plantas tratadas apenas com o nematoide. A aplicação de FMA a 4% uma semana antes da inoculação do nematoide reduziu os parâmetros do nematoide.

Silva et al. (2022), objetivaram investigar o potencial de biocontrole do fungo micorrízico arbuscular *Rhizophagus clarus* em comparação com fungos *Trichoderma harzianum* e *Pochonia chlamydosporia* contra *M. javanica* em tomateiro e avaliar a atividade de enzimas relacionadas à defesa em raízes micorrízicas, concluindo que embora *R. clarus* não impediu a penetração ou desenvolvimento do nematoide nas raízes, foi eficiente na redução do número total de nematoides.

Silva et al. (2021), avaliaram a eficácia de FMAs (*Claroideoglossum etunicatum* e *Rhizophagus clarus*) no controle do nematoide das galhas *M. javanica* em manjerição, sendo que as plantas inoculadas com FMA apresentaram diminuição da densidade populacional de nematoides em suas raízes.

Vos et al. (2012), investigaram os efeitos de FMA e exsudatos radiculares micorrízicos nas etapas iniciais da infecção por *M. incognita* relatando que a penetração de nematoides foi reduzida em raízes micorrízicas de tomate e os exsudatos radiculares micorrízicos provavelmente contribuíram, pelo menos parcialmente, afetando a mortalidade do nematoide.

Sharma e Sharma (2017), estudaram a coinoculação efetiva de micorriza (*Rhizophagus irregularis*) e nematoide das galhas (*M. incognita*) no crescimento da planta, alterações fisiológicas e bioquímicas durante a infecção do nematoide das galhas em plantas de tomateiro (*Lycopersicon esculentum* cv. PT-3), que indicam a importância de *R. irregularis* como uma ferramenta potencial de biocontrole para o manejo da doença das galhas.

Brito et al. (2018), objetivaram nos seus estudos, avaliar a associação entre FMAs (*Rhizophagus clarus*, *Claroideoglossum etunicatum*, *Gigaspora rosea*, *G. margarita*, *Scutellospora calospora* e *S. heterogama*) e *Pratylenchus brachyurus* em milho para fins de controle de nematoides, o que permitiu concluir que não houve supressão de *P. brachyurus* em plantas de milho inoculadas com diferentes FMAs.

Marro et al. (2014), testaram o efeito de *Glomus intraradices* em plantas de tomate inoculadas com o nematoide no transplante e três semanas depois. Aos 60 dias, foram estimados os seguintes parâmetros: porcentagem de colonização de FMA, peso seco da raiz e da parte aérea, número de galhas e massas de ovos e fator de reprodução (FR= população final/população inicial) de *Nacobbus aberrans*. A colonização de FMA foi maior na presença do nematoide. O uso de FMA favoreceu a biomassa do tomateiro e reduziu o número de galhas e o FR nas plantas inoculadas com o nematoide no momento do transplante.

Banuelos et al. (2014), examinaram as interações entre FMA e o nematoide das galhas (*M. incógnita*) em raízes de plantas fertilizadas e não fertilizadas de *Impatiens balsamina*, de modo que os resultados do estudo sugerem que os FMA induzem tolerância em *I. balsamina* ao nematoide das galhas (*M. incógnita*).

Na pesquisa avaliando a tolerância de mudas micropropagadas e micorrizadas de *Alpinia purpurata* a *M. arenaria*, Campos et al. (2017) definiram que a associação de plantas micropropagadas de alpinia e *A. longula* aumentou a tolerância ao parasitismo por *M. arenaria*.

Herrera-Parra et al. (2021), estimaram o efeito de espécies nativas de fungos micorrízicos arbusculares (FMA) no crescimento inicial, 47 dias após a semeadura do pimentão (*Capsicum annuum*) e no biocontrole, 50 dias após a inoculação de *M. incógnita* e evidenciaram que o melhor controle biológico do nematoide foi obtido com a inoculação de *F. geosporum* e *G. ambisporum* e os FMAs apresentam potencial como agentes microbianos para favorecer o crescimento na fase inicial de *C. annuum* e como agentes de biocontrole de *M. incógnita*.

Em um trabalho sobre o efeito do FMA *Rhizoglossum clarum* na supressão de *Pratylenchus brachyurus* e crescimento de plantas de soja, Trentin et al. (2021) concluíram que a colonização micorrízica por *R. clarum* pode contribuir para reduzir a penetração de *P. brachyurus* em raízes de soja.

CONCLUSÕES

Na presente revisão, apresentou-se uma síntese abrangente do biocontrole mediado por FMA e abordou-se particularmente seu potencial envolvimento na mitigação das infecções causadas por NPP, onde o efeito do biocontrole por FMA é considerado efetivo.

O biocontrole por FMA, entretanto, é influenciado por uma multiplicidade de fatores, levando em consideração as interações específicas entre cultura, cultivar e espécies de FMA, implicando assim, que estudos individualizados deverão ser conduzidos para subsidiar as aplicações de campo dos FMA no controle de NPP.

REFERÊNCIAS

- BANUELOS, J.; ALARCÓN, A.; LARSEN, J.; CRUZ-SÁNCHEZ, S.; TREJO, D. Interactions between arbuscular mycorrhizal fungi and *Meloidogyne incognita* in the ornamental plant *Impatiens balsamina*. **Journal of Soil Science and Plant Nutrition**, Viçosa, v.14, n.1, p.63-74, 2014.
- BERBARA, R.L.L.; SOUZA, F.A., FONSECA, H.M.A.C. Fungos Micorrízicos arbusculares: Muito além da nutrição. In: FERNANDES, M.S. (Ed.). **Nutrição Mineral de Plantas**. Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2006. p.53-85.
- BRITO, O.D.C.; HERNANDES, I.; FERREIRA, J.C.A.; CARDOSO, M.R.; ALBERTON, O.; DIAS-ARIEIRA, C.R. Association between arbuscular mycorrhizal fungi and *Pratylenchus brachyurus* in maize crop. **Chilean journal of agricultural research**, Santiago, v.78, n.4, p.521-527, 2018.
- BRUNDRETT, M. Diversity and classification of mycorrhizal associations. **Biological Reviews**, Cambridge, v.79, n.3, p.473-495, 2004.
- BUCKI, P.; QUING, X.; CASTILLO, P.; GAMLIEL, A.; DOBRININ, S.; ALON, T.; MIYARA, S.B. The Genus *Pratylenchus* (Nematoda: Pratylenchidae) in Israel: From Taxonomy to Control Practices. **Plants**, Basileia, v.9, n.11, p.1-18, 2020.
- COLLANGE, B.; NAVARRETE, M.; PEYRE, G.; MATEILLE, T.; TCHAMITCHIAN, M. Root-knot nematode (*Meloidogyne*) management in vegetable crop production: The challenge of an agronomic system analysis. **Crop Protection**, Amsterdam, v.30, n.10, p.1251-1262, 2011.
- CAMPOS, M.A.S. Bioprotection by arbuscular mycorrhizal fungi in plants infected with *Meloidogyne* nematodes: A sustainable alternative. **Crop Protection**, Amsterdam, v.135, n.8, p.1-11, 2020.

CAMPOS, M.A.S.; SILVA, F.S.B.; YANO-MELO, A.M.; MELO, N.F.; MAIA, L.C. Application of Arbuscular Mycorrhizal Fungi during the Acclimatization of *Alpinia purpurata* to Induce Tolerance to *Meloidogyne arenaria*. **The Plant Pathology Journal**, Suwon, v.33, n.3, p.329-336, 2017.

HEIJDEN, M.G.A.; MARTIN, F.M.; SELOSSE, M.A.; SANDERS, I.R. Mycorrhizal ecology and evolution: the past, the present, and the future. **New Phytologist**, Lancaster, v.205, n.4, p.1406-1423, 2015.

HERRERA-PARRA, E.; RAMOS-ZAPATA, J.; BASTO-POOL, C.; CRISTÓBAL-ALEJO, J. Respuesta de chile dulce (*Capsicum annuum*) a la inoculación de hongos micorrízicos arbusculares nativos y al parasitismo del nematodo agallador *Meloidogyne incognita*. **Revista Bio Ciencias**, Tepic, v.8, n.1, p.1-17, 2021.

HOL, W.H.G.; COOK, R. An overview of arbuscular mycorrhizal fungi–nematode interactions. **Basic and Applied Ecology**, Amsterdam, v.6, n.6, p.489-503, 2005.

INOMOTO, M.M.; OLIVEIRA, C.M.G. Coffee-Associated *Pratylenchus* spp. - Ecology and Interactions with Plants. In: SOUZA, R.M. (Ed.). **Plant-Parasitic Nematodes of Coffee**. Dordrecht: Editora Springer, 2008. p.51-64.

JOHNSON, N.C.; WILSON, G.W.T.; BOWKER, M.A.; WILSON, J.A.; MILLER, R.M. Resource limitation is a driver of local adaptation in mycorrhizal symbioses. **Proceedings of the National Academy of Sciences**, Washington, v.107, n.5, p.2093-2098, 2010.

MARRO, N.; LAX, P.; CABELLO, M.; DOUCET, M.E.; BECERRA, A.G. Use of the arbuscular mycorrhizal fungus *Glomus intraradices* as biological control agent of the nematode *Nacobbus aberrans* parasitizing tomato. **Brazilian Archives of Biology and Technology**, Curitiba, v.57, n.5, p.668-674, 2014.

MARSCHNER, P. **Mineral nutrition of higher plants**. 3^a ed. New York: Elsevier, 2012. 684p.
MESSA, V.R. **Controle biológico de fitonematóides mediante aplicação de fungos nematófago e micorrízicos na cultura da soja**. 2020. 99p. Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Universidade Estadual do Oeste do Paraná, Marechal Cândido Rondon, 2020.

MOUSA, E.M.; MAHDY, M.E.; GALAL, N.M. Role of mycorrhizae and some biocontrol agents to control root-knot nematodes on tomato. **Menoufia Journal of Plant Protection**, Monufia, v.6, n.4, p.11-12, 2021.

NAFADY, N.A.; SULTAN, R.; EL-ZAWAHRY, A.M.; MOSTAFA, Y.S.; ALAMRI, S.; MOSTAFA, R.G.; HASHEM, M.; HASSAN, E.A. Effective and Promising Strategy in Management of Tomato Root-Knot Nematodes by *Trichoderma harzianum* and Arbuscular Mycorrhizae. **Agronomy**, Basileia, v.12, n.2, p.1-20, 2022.

PINHEIRO, A.C.T.; SOUZA, L.T.O.; COIMBRA, J.L. Controle de *Meloidogyne enterolobii* em mudas de goiabeira com fungos micorrízicos isolados do Cerrado baiano. **Revista Agro@ambiente On-line**, Boa Vista, v.8, n.3, p.398-403, 2014.

POVEDA, J.; ABRIL-URIAS, P.; ESCOBAR, C. Biological Control of Plant-Parasitic Nematodes by Filamentous Fungi Inducers of Resistance: *Trichoderma*, *Mycorrhizal* and *Endophytic Fungi*. **Frontiers in Microbiology**, Lausanne, v.11, n.1, p.1-14, 2020.

SHARMA, I.P.; SHARMA, A.K. Co-inoculation of tomato with an arbuscular mycorrhizal fungus improves plant immunity and reduces root-knot nematode infection. **Rhizosphere**, Amsterdam, v.4, n.4, p.25-28, 2017.

SHARMA, M.; SAINI, I.; KAUSHIK, P.; ALDAWSARI, M.M.; BALAWI, T.A.; ALAM, P. Mycorrhizal fungi and *Pseudomonas fluorescens* application reduces root-knot nematode (*Meloidogyne javanica*) infestation in eggplant. **Saudi Journal of Biological Sciences**, Riade, v.28, n.7, p.3685-3691, 2021.

SILVA, B.A.; CRUZ, R.M.S.; MIAMOTO, A.; ALBERTON, O.; SILVA, C.; DIAS-ARIEIRA, C.R. Interaction between mycorrhizal fungi and *Meloidogyne javanica* on the growth and essential oil composition of basil (*Ocimum basilicum*). **Australian Journal of Crop Science**, Queensland, v.15, n.3, p.416-421, 2021.

SILVA, M.T.R.; SILVA, B.A.; ALBERTON, O.; SCHWENGBER, R.P.; DIAS-ARIEIRA, C.R. Rhizophagus clarus controls *Meloidogyne javanica* and enhances the activity of defense-related enzymes in tomato. **Horticultura Brasileira**, Vitória da Conquista, v.40, n.2, p.162-167, 2022.

SIMARD, S.W.; DURALL, D.M. Mycorrhizal networks: a review of their extent, function, and importance. **Canadian Journal of Botany**, Ottawa, v.82, n.8, p.1140-1165, 2004.

SINGH, S.; SINGH, B.; SINGH, A.P. Nematodes: A Threat to Sustainability of Agriculture. **Procedia Environmental Sciences**, Amsterdam, v.29, n.1, p.215-216, 2015.

SMITH, S.E.; READ, D.J. **Mycorrhizal symbiosis**. Boston: Academic Press, 2008. 787p.

SUBEDI, S.; THAPA, B.; SHRESTHA, J. Root-knot nematode (*Meloidogyne incognita*) and its management: a review. **Journal of Agriculture and Natural Resources**, Nepal, v.3, n.2, p.21-31, 2020.

TRENTIN, E.; PORTELA, V.O.; SCHMITT, J.; UNFER, R.K.; ANTONIOLLI, Z.I.; JACQUES, R.J.S. Suppression of *Pratylenchus brachyurus* and soybean growth inoculated with arbuscular mycorrhizal fungus. **Ciência e Natura**, Santa Maria, v.43, n.3, p.1-17, 2021.

VOS, C.; CLAERHOUT, S.; MKANDAWIRE, R.; PANIS, B.; WAELE, D.D.; ELSSEN, A. Arbuscular mycorrhizal fungi reduce root-knot nematode penetration through altered root exudation of their host. **Plant and Soil**, Berlim, v.354, n.18, p.335-345, 2012.

VOS, C.M.; TESFAHUN, A.N.; PANIS, B.; WAELE, D.D.; ELSSEN, A. Arbuscular mycorrhizal fungi induce systemic resistance in tomato against the sedentary nematode *Meloidogyne incognita* and the migratory nematode *Pratylenchus penetrans*. **Applied Soil Ecology**, Amsterdam, v.61, n.1, p.1-6, 2012.

ZHANG, S.; GAN, Y.; JI, W.; XU, B.; HOU, B.; LIU, J. Mechanisms and Characterization of *Trichoderma longibrachiatum* T6 in Suppressing Nematodes (*Heterodera avenae*) in Wheat. **Frontiers in Plant Science**, Lausanne, v.8, n.1, p.1-20, 2017.