POTENCIAL DE ISOLADOS DE *Trichoderma* spp. NO CONTROLE BIOLÓGICO DE *Pratylenchus brachyurus*

Camilo Caliman Altoé Calixto, João Pedro Martins Marconsine, Lorenzo Acre Egidio Gonçalves, Yasmim Rodrigues de Melo, Lucas Jordão Santana Tigre, Simone de Paiva Caetano Bucker Moraes, Willian Bucker Moraes.

Universidade Federal do Espírito Santo/Centro de Ciências Agrárias e Engenharias, Alto Universitário, s/n, Guararema, 29500-000 – Alegre – ES, Brasil, camilocaliman@hotmail.com, marconsine2407@gmail.com, lorenzoegidiogoncalves@gmail.com, yasmimmelor@gmail.com, lucasjst01@gmail.com, simonepaivabucker@gmail.com, willian.moraes@ufes.br.

Resumo

Pratylenchus brachyurus é um fitonematoide de grande importância agrícola devido aos prejuízos causados em diferentes culturas e às limitações das estratégias convencionais de manejo. Objetivou-se com este trabalho revisar o potencial de isolados de *Trichoderma* spp. no controle biológico desse nematoide. Foi realizada uma revisão bibliográfica com base em estudos científicos nacionais e internacionais. Os trabalhos analisados demonstraram que diferentes isolados podem reduzir a penetração, a reprodução e a população de *P. brachyurus*, além de produzir metabólitos e enzimas associados ao antagonismo. Entretanto, a eficiência varia conforme o isolado e as condições de cultivo. Conclui-se que a seleção de isolados promissores representa uma estratégia relevante para fortalecer o manejo integrado de *P. brachyurus*.

Palavras-chave: Controle biológico. Fungos antagonistas. Manejo integrado. Nematoide-das-lesões-radiculares.

Área do Conhecimento: Ciências Agrárias – Agronomia.

Introdução

O nematoide-das-lesões-radiculares, *Pratylenchus brachyurus*, apresenta ampla distribuição e capacidade de parasitar diferentes espécies vegetais de importância agrícola. Por ser um endoparasita migrador, penetra e se desloca pelo córtex das raízes, provocando lesões necróticas que prejudicam a absorção de água e nutrientes e reduzem o desenvolvimento das plantas. Sua permanência em diferentes hospedeiros cultivados e plantas daninhas favorece a sobrevivência entre safras e dificulta a redução das populações nas áreas infestadas (Kath et al., 2017; Dias-Arieira et al., 2018; Pacheco et al., 2020).

O manejo de *P. brachyurus* é considerado complexo, pois a ampla gama de hospedeiros limita a utilização da rotação de culturas, enquanto materiais vegetais com níveis elevados e estáveis de resistência ainda são restritos. Os nematicidas químicos podem contribuir para a redução temporária das populações, porém apresentam limitações relacionadas ao custo, à eficiência variável e aos possíveis impactos ambientais. Por essas razões, recomenda-se a integração de diferentes estratégias, com destaque para métodos biológicos capazes de complementar as demais práticas de manejo (Abd-Elgawad; Askary, 2018; Pires et al., 2022).

Entre os microrganismos utilizados no controle biológico, fungos do gênero *Trichoderma* destacam-se pela capacidade de colonizar a rizosfera, competir por espaço e nutrientes, estimular o crescimento vegetal e induzir respostas de defesa nas plantas (Silva et al., 2019). No controle de fitonematoides, sua ação pode envolver antibiose, produção de proteases e outras enzimas hidrolíticas, interferência na mobilidade dos juvenis e redução da penetração e da reprodução nas raízes (Poveda; Abril-Urias; Escobar, 2020; Oliveira et al., 2021; Yao et al., 2023; Contreras-Soto et al., 2025).

Entretanto, a eficiência de *Trichoderma* spp. não deve ser generalizada apenas com base na espécie, pois isolados distintos podem apresentar diferenças fisiológicas, metabólicas e de adaptação ao ambiente. Estudos conduzidos com *P. brachyurus* demonstram variações na mortalidade dos juvenis, na redução da penetração e no fator de reprodução do nematoide, evidenciando a necessidade de selecionar isolados com desempenho consistente.

Diante disso, o objetivo deste trabalho foi revisar o potencial de isolados de *Trichoderma* spp. no controle biológico de *P. brachyurus*, destacando os resultados experimentais, os mecanismos de ação e as limitações para sua utilização no manejo integrado (Kath et al., 2017; Dias-Arieira et al., 2018; Pacheco et al., 2020; Oliveira et al., 2021).

Metodologia

Este estudo consiste em uma revisão bibliográfica narrativa, com consulta a artigos científicos nas bases Scopus, Web of Science, ScienceDirect, SciELO e Google Scholar, utilizando os termos Trichoderma, Pratylenchus brachyurus, controle biológico, isolados e fitonematoides. Foram selecionados trabalhos sobre a ação de isolados de Trichoderma spp. sobre P. brachyurus, realizados em laboratório, casa de vegetação e campo, além de estudos sobre os mecanismos de antagonismo. As informações foram analisadas de forma descritiva, considerando a redução da penetração, reprodução e população do nematoide e os fatores que influenciam a eficiência dos isolados.

Resultados

Os estudos selecionados demonstram que a eficiência de *Trichoderma* spp. no controle de *Pratylenchus brachyurus* está relacionada às características de cada isolado. Foram observadas diferenças na redução da penetração, da reprodução e da densidade populacional do nematoide entre os isolados avaliados, mesmo quando empregados contra o mesmo fitonematoide. A resposta também variou conforme a planta hospedeira, a cultivar e as condições experimentais, evidenciando a necessidade de selecionar isolados adaptados ao sistema de cultivo (Kath et al., 2017; Pacheco et al., 2020; Oliveira et al., 2021).

Os principais estudos experimentais encontrados estão apresentados na Tabela 1. Além dos ensaios realizados em laboratório, casa de vegetação e campo, foram incluídas pesquisas moleculares que contribuíram para a compreensão dos mecanismos envolvidos no antagonismo entre *Trichoderma* e *P. brachyurus*.

Tabela 1 - Principais estudos sobre o potencial de isolados de *Trichoderma* spp. no controle biológico de *Pratylenchus brachyurus*.

Autores	Espécie e isolado	Condição/tipo de estudo	Principais resultados
Kath et al. (2017)	*T. asperelloides* GF422; *Trichoderma* sp. GF425; *T. koningiopsis* GF427; *T. harzianum* GF362	Laboratório e casa de vegetação	Todos os isolados reduziram a penetração de *P. brachyurus* nas raízes de soja no total de nematoides recuperados. GF422, GF425 e GF427 reduziram a penetração já nas avaliações iniciais, enquanto GF362 apresentou redução apenas nas avaliações posteriores.
Dias-Arieira et al. (2018)	*T. harzianum*, isolado não informado	Casa de vegetação e campo	Redução da população do nematoide e aumento da produtividade nos experimentos de campo.
Oliveira et al. (2021)	*T. asperellum* T00 e *T. harzianum* ALL42	Laboratório e casa de vegetação	Os metabólitos não voláteis causaram mortalidade dos juvenis e reduziram a densidade populacional e o fator de reprodução, com resposta dependente da cultivar.
Pacheco et al. (2020)	Trichoderma sp. T-10	Casa de vegetação	O isolado reduziu a população total de P. brachyurus quando empregado individualmente e em associação com outros fungos nematófagos.
Oliveira et al. (2023)	*T. harzianum* ALL42	Análise transcriptômica	Identificação de genes diferencialmente expressos associados a peptidases, enzimas ativas sobre carboidratos e síntese de metabólitos

	secundários.

Fonte: elaborado pelos autores com base nos estudos citados.

Kath et al. (2017) avaliaram isolados de *Trichoderma* spp. aplicados via tratamento de sementes de soja, em ensaio conduzido em casa de vegetação, no qual a penetração de *P. brachyurus* nas raízes foi quantificada em avaliações seriadas ao longo do tempo. Foram avaliados os isolados GF422 (*T. asperelloides*), GF425 (*Trichoderma* sp.), GF427 (*T. koningiopsis*) e GF362 (*T. harzianum*). Considerando o número total de nematoides recuperados, todos os isolados reduziram a penetração em relação à testemunha; o desempenho, entretanto, não foi uniforme ao longo do período avaliado. Os isolados GF422, GF425 e GF427 reduziram a penetração já nas avaliações iniciais, enquanto GF362 não diferiu da testemunha nesse primeiro momento, passando a reduzir a penetração apenas nas avaliações posteriores. Essa diferença de resposta entre isolados pertencentes a espécies distintas reforça que o desempenho do agente de controle não deve ser generalizado somente com base na espécie de *Trichoderma*.

Em experimentos conduzidos em casa de vegetação e em áreas naturalmente infestadas, Dias-Arieira et al. (2018) observaram que *T. harzianum*, quando aplicado isoladamente, contribuiu para a redução da abundância do nematoide. O tratamento também proporcionou ganhos de produtividade nos experimentos de campo, demonstrando que o controle biológico pode apresentar resultados favoráveis em condições menos controladas.

Oliveira et al. (2021) verificaram que os metabólitos não voláteis produzidos por *T. asperellum* T00 e *T. harzianum* ALL42 causaram mortalidade de aproximadamente 41% e 65% dos juvenis, respectivamente. Os dois isolados também reduziram a densidade populacional e o fator de reprodução de *P. brachyurus*, porém a resposta foi diferente entre as cultivares avaliadas, evidenciando a influência da interação entre o isolado e a planta hospedeira.

O potencial de outros isolados foi confirmado por Pacheco et al. (2020), que avaliaram o isolado T-10 de *Trichoderma* sp. em conjunto com diferentes fungos nematófagos. Os tratamentos que incluíram T-10 reduziram a população total do nematoide, indicando que esse isolado pode ser empregado tanto individualmente quanto em associações microbianas. Complementarmente, a análise transcriptômica realizada por Oliveira et al. (2023) identificou genes relacionados a peptidases, enzimas ativas sobre carboidratos e vias de síntese de metabólitos secundários, fornecendo evidências moleculares para os efeitos antagonistas observados nos ensaios experimentais.

Discussão

As evidências reunidas indicam que a eficiência de *Trichoderma* spp. no controle de *Pratylenchus brachyurus* depende principalmente das características fisiológicas e metabólicas de cada isolado. Dessa forma, a identificação do fungo apenas em nível de espécie não é suficiente para prever seu desempenho como agente de controle biológico. As diferenças observadas entre os isolados GF422, GF425, GF427 e GF362 demonstram que materiais pertencentes ao mesmo gênero podem apresentar respostas distintas quanto à redução da penetração e do desenvolvimento do nematoide nas raízes (Kath et al., 2017).

A ação antagonista de *Trichoderma* spp. ocorre por diferentes mecanismos, que podem atuar de maneira simultânea. Entre eles destacam-se a competição por espaço e nutrientes, a colonização da rizosfera, a produção de metabólitos com atividade nematicida, a liberação de enzimas hidrolíticas e a indução de respostas de defesa da planta. Essa diversidade de mecanismos amplia o potencial desses fungos em programas de manejo integrado e reduz a dependência de métodos baseados em um único modo de ação (Abd-Elgawad; Askary, 2018; Silva et al., 2019; Poveda; Abril-Urias; Escobar, 2020; Yao et al., 2023).

Os resultados obtidos com os isolados T00 e ALL42 reforçam a importância dos compostos produzidos pelo fungo. Os metabólitos não voláteis desses isolados promoveram mortalidade de juvenis e reduziram a densidade populacional e o fator de reprodução de *P. brachyurus*. Entretanto, a intensidade da resposta variou entre os materiais vegetais avaliados, indicando que a eficiência do controle também depende da interação entre o isolado e a planta hospedeira (Oliveira et al., 2021). A análise transcriptômica do isolado ALL42 confirmou a participação de genes relacionados à produção de peptidases, enzimas hidrolíticas e metabólitos secundários, oferecendo suporte molecular aos efeitos observados experimentalmente (Oliveira et al., 2023).

Apesar dos resultados promissores em laboratório e casa de vegetação, a estabilidade do controle em condições de campo ainda representa um desafio. Temperatura, umidade, textura do solo, disponibilidade de nutrientes, microbiota nativa e práticas de manejo podem afetar a sobrevivência e a colonização de *Trichoderma* na rizosfera. Entre os trabalhos reunidos nesta revisão, apenas Dias-Arieira et al. (2018) incluíram experimentação em campo, em áreas naturalmente infestadas, na qual a aplicação de *T. harzianum* reduziu a população do nematoide e proporcionou ganho de produtividade. Os demais resultados favoráveis, incluindo os obtidos por Pacheco et al. (2020) com o isolado T-10, restringem-se a condições controladas de casa de vegetação e, portanto, indicam potencial de uso, mas não sustentam, isoladamente, a extrapolação para condições agrícolas. Essa assimetria entre o número de estudos conduzidos em ambiente controlado e em campo constitui, por si só, uma limitação do conhecimento disponível sobre o tema e reforça a necessidade de validação em escala de lavoura.

Outro ponto relevante é que o controle biológico não deve ser empregado como medida isolada. Sua associação com rotação de culturas, uso de materiais vegetais menos suscetíveis, tratamento biológico de sementes, manejo da matéria orgânica e outras práticas pode aumentar a supressão de *P. brachyurus*. A combinação de agentes microbianos também pode ampliar os mecanismos de ação disponíveis, embora seja necessário avaliar a compatibilidade entre os organismos utilizados e sua adaptação às condições edafoclimáticas de cada região (Abd-Elgawad; Askary, 2018; Pires et al., 2022; Contreras-Soto et al., 2025).

De modo geral, os trabalhos analisados confirmam que isolados de *Trichoderma* spp. possuem potencial para integrar o manejo de *P. brachyurus*, mas a seleção deve considerar eficiência nematicida, capacidade de colonização radicular, estabilidade ambiental e compatibilidade com a planta hospedeira. Novos estudos devem incluir maior número de isolados, diferentes culturas e ensaios conduzidos por mais de uma safra, permitindo estabelecer formulações, doses e formas de aplicação capazes de proporcionar resultados mais consistentes em condições de campo.

Conclusão

A revisão realizada permitiu demonstrar que isolados de *Trichoderma* spp. apresentam potencial para o controle biológico de *Pratylenchus brachyurus*, podendo reduzir a penetração, a reprodução e a densidade populacional do nematoide. A eficiência, entretanto, varia entre os isolados e depende das condições ambientais e da interação com a planta hospedeira. Assim, a seleção de isolados eficientes e adaptados ao sistema de cultivo é fundamental para o sucesso dessa estratégia. Conclui-se que *Trichoderma* spp. pode integrar o manejo de *P. brachyurus*, embora ainda sejam necessários estudos em condições de campo para definir formas de aplicação mais estáveis e eficientes.

Referências

ABD-ELGAWAD, M. M. M.; ASKARY, T. H. Fungal and bacterial nematicides in integrated nematode management strategies. *Egyptian Journal of Biological Pest Control*, Cairo, v. 28, art. 74, 2018.

CONTRERAS-SOTO, M. B.; TOVAR-PEDRAZA, J. M.; SOLANO-BÁEZ, A. R.; BAYARDO-ROSALES, H.; MÁRQUEZ-LICONA, G. Biocontrol strategies against plant-parasitic nematodes using *Trichoderma* spp.: mechanisms, applications, and management perspectives. *Journal of Fungi*, Basel, v. 11, n. 7, art. 517, 2025.

DIAS-ARIEIRA, C. R.; ARAÚJO, F. G. de; KANEKO, L.; SANTIAGO, D. C. Biological control of *Pratylenchus brachyurus* in soya bean crops. *Journal of Phytopathology*, Berlin, v. 166, n. 10, p. 722-728, 2018.

KATH, J.; DIAS-ARIEIRA, C. R.; FERREIRA, J. C. A.; HOMIAK, J. A.; SILVA, C. R. da; CARDOSO, C. R. Control of *Pratylenchus brachyurus* in soybean with *Trichoderma* spp. and resistance inducers. *Journal of Phytopathology*, Berlin, v. 165, n. 11-12, p. 791-799, 2017.

OLIVEIRA, C. M. de; ALMEIDA, N. O.; CÔRTES, M. V. C. B.; LOBO JÚNIOR, M.; ROCHA, M. R. da; ULHOA, C. J. Biological control of *Pratylenchus brachyurus* with isolates of *Trichoderma* spp. on soybean. *Biological Control*, Amsterdam, v. 152, art. 104425, 2021.

OLIVEIRA, C. M. de; OSHIQUIRI, L. H.; ALMEIDA, N. O.; STEINDORFF, A. S.; ROCHA, M. R. da; GEORG, R. C.; ULHOA, C. J. *Trichoderma harzianum* transcriptome in response to the nematode *Pratylenchus brachyurus*. *Biological Control*, Amsterdam, v. 183, art. 105245, 2023.

PACHECO, P. V. M.; MONTEIRO, T. S. A.; COUTINHO, R. R.; BALBINO, H. M.; FREITAS, L. G. de. Fungal biocontrol reduces the populations of the lesion nematode, *Pratylenchus brachyurus*, in soybean and corn. *Nematology*, Leiden, v. 23, n. 6, p. 619-626, 2020.

PIRES, D.; VICENTE, C. S. L.; MENÉNDEZ, E.; FARIA, J. M. S.; RUSINQUE, L.; CAMACHO, M. J.; INÁCIO, M. L. The fight against plant-parasitic nematodes: current status of bacterial and fungal biocontrol agents. *Pathogens*, Basel, v. 11, n. 10, art. 1178, 2022.

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, art. 992, 2020.

SILVA, R. N.; MONTEIRO, V. N.; STEINDORFF, A. S.; GOMES, E. V.; NORONHA, E. F.; ULHOA, C. J. *Trichoderma*/pathogen/plant interaction in pre-harvest food security. *Fungal Biology*, Amsterdam, v. 123, n. 8, p. 565-583, 2019.

YAO, X.; GUO, H.; ZHANG, K.; ZHAO, M.; RUAN, J.; CHEN, J. *Trichoderma* and its role in biological control of plant fungal and nematode disease. *Frontiers in Microbiology*, Lausanne, v. 14, art. 1160551, 2023.

Agradecimentos

Os autores agradecem ao Laboratório de Epidemiologia e Manejo de Doenças de Plantas Agrícolas e Florestais (LEMP) e ao Núcleo de Desenvolvimento Científico e Tecnológico em Manejo Fitossanitário de Pragas e Doenças (NUDEMAFI), da Universidade Federal do Espírito Santo - Campus de Alegre, pela infraestrutura para realização deste estudo, e à Fundação de Amparo à Pesquisa e Inovação do Espírito Santo (FAPES), ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) e à Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) pelo apoio financeiro.