

RESSALVA

Atendendo solicitação do(a) autor(a), o texto completo será disponibilizado somente a partir de 01/08/2025

At the author's request, the full text will not be available online until August 1, 2025

JÉSSICA APARECIDA GABIA

**COMPATIBILIDADE DE NEMATOIDES ENTOMOPATOGÊNICOS A FUNGICIDAS
QUÍMICOS**

Botucatu

2024

JÉSSICA APARECIDA GABIA

**COMPATIBILIDADE DE NEMATOIDES ENTOMOPATOGÊNICOS A FUNGICIDAS
QUÍMICOS**

Dissertação apresentada à Faculdade de Ciências Agrônômicas da Unesp Câmpus de Botucatu, para obtenção do título de Mestre em Agronomia (Proteção de Plantas).

Orientadora: Silvia Renata Siciliano
Wilcken

Botucatu

2024

G113c Gabia, Jéssica Aparecida
Compatibilidade de nematoides entomopatogênicos a fungicidas químicos / Jéssica Aparecida Gabia. – Botucatu, 2024
61 p. : il., tabs.

Dissertação (mestrado) - Universidade Estadual Paulista (UNESP), Faculdade de Ciências Agrônômicas, Botucatu
Orientadora: Sílvia Renata Siciliano Wilcken

1. viabilidade. 2. infectividade. 3. neps. 4. calda fungicida. I.
Título.

Sistema de geração automática de fichas catalográficas da Unesp. Dados fornecidos pelo autor(a).



UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA

Câmpus de Botucatu



CERTIFICADO DE APROVAÇÃO

TÍTULO DA DISSERTAÇÃO: COMPATIBILIDADE DE NEMATOIDES ENTOMOPATOGÊNICOS A FUNGICIDAS QUÍMICOS

AUTORA: JÉSSICA APARECIDA GABIA

ORIENTADORA: SILVIA RENATA SICILIANO WILCKEN

Aprovada como parte das exigências para obtenção do Título de Mestra em Agronomia (Proteção de Plantas), pela Comissão Examinadora:

Prof.^a Dr.^a SILVIA RENATA SICILIANO WILCKEN (Participação Presencial)
Protecao Vegetal / Faculdade de Ciencias Agronomicas de Botucatu UNESP

Pesquisadora Dr.^a ANDRESSA LIMA DE BRIDA (Participação Presencial)
Nematologia / CropSolutions - Pesquisa, Tecnologia e Inovação Agropecuária Ltda

Prof.^a Dr.^a ADRIANA ZANIN KRONKA (Participação Presencial)
Protecao Vegetal / Faculdade de Ciencias Agronomicas de Botucatu UNESP

Botucatu, 01 de agosto de 2024

Aos meus amados pais,

Jair Donizete Gabia e Marlene Seisdedos Gabia,

dedico, e ao meu namorado,

Lucas Prado de Castro,

afereço.

AGRADECIMENTOS

A Deus.

A meus pais Jair e Marlene pelo incentivo e apoio ao lado da minha caminhada acadêmica.

À minha orientadora Silva Renata Siciliano Wilcken, pelo apoio, orientações, ensinamentos e pelo bom exemplo de pesquisadora que é para mim.

À Dra. Adriana Aparecida Gabia, pelas orientações e ensinamentos compartilhados.

Ao meu namorado Lucas Prado de Castro pela compreensão e parceria.

Ao Mateus Henrique de Toledo Gregio pela colaboração na realização do trabalho.

Ao Matheus Milani Pretto pela amizade, risadas e companheirismo ao longo do curso de mestrado.

Ao Deucleiton Amorim Jardim pela ajuda nas análises estatísticas.

A todos os professores do programa de Pós-graduação em Agronomia – Proteção de Plantas pelos ensinamentos transmitidos.

A todos aqueles que diretamente ou indiretamente contribuíram de alguma forma para a realização deste sonho.

O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – Brasil – CAPES – Código de financiamento 001.

RESUMO

Nematoides entomopatogênicos (NEPs) desempenham um papel fundamental no controle biológico de pragas agrícolas em que pelo menos uma fase de seu desenvolvimento ocorra no solo. Contudo, sua eficácia pode ser limitada pela exposição a produtos químicos agrícolas, como fungicidas, podendo causar mortalidade dos juvenis infectantes e reduzir a infectividade. Sendo assim o presente estudo teve como objetivo verificar compatibilidade de diferentes isolados de NEPs com fungicidas químicos registrados para a cultura da soja e avaliar a multiplicação dos isolados em *Spodoptera frugiperda* após a exposição em calda fungicida. Para o experimento, os isolados *Steinernema brazilense* CB06, *S. glaseri* CB01 e *Heterorhabditis bacteriophora* HB, provenientes do Laboratório de Nematologia Agrícola da UNESP, Campus de Botucatu – SP, foram testados. As populações de *S. frugiperda* foram estabelecidas em laboratório a partir de lagartas coletadas na Fazenda Lageado (FCA/UNESP) durante a safra 2021/2022. Os fungicidas testados incluíram Sumilex 500 WP (Promicidona), Frowncide 500 SC (Fluazinam), Cercobin 875 WG (Tiofanato-metílico), Approve (Tiofanato-metílico + Fluazinam), Absoluto Fix (Clorotalonil), Fusão EC (Metominostrobin + Tebuconazol), Cerconil (Tiofanato-metílico + Clorotalonil) e Unizeb Gold (Mancozebe). A mortalidade dos NEPs foi avaliada em intervalos de 30 minutos, por um período de quatro horas (240 minutos) após exposição aos produtos. Todos os fungicidas apresentaram compatibilidade com os NEPs em laboratório, com mortalidade de juvenis infectantes (JIs) inferior a 7%. Já na multiplicação de JIs em *S. frugiperda* quando expostos a caldas fungicidas, o isolado *H. bacteriophora* HB, apresentou redução superior a 40% em sete dos oito tratamentos avaliados. Na análise do efeito do fungicida, todos os fungicidas foram classificados como levemente nocivos de acordo com o protocolo IOBC/WPRS para ao menos uma das espécies de NEPs.

Palavra-chave: viabilidade; infectividade; neps; calda fungicida.

ABSTRAC

Entomopathogenic nematodes (EPNs) play a fundamental role in the biological control of agricultural pests, especially those with at least one stage of development in the soil. However, their efficacy may be limited by exposure to agricultural chemicals, such as fungicides, which can cause mortality of infective juveniles and reduce infectivity. This study aimed to verify the compatibility of different EPNs isolates with fungicides registered for soybean crops and to evaluate the reproduction of these isolates in *Spodoptera frugiperda* after exposure to fungicide solutions. The experiment tested isolates *Steinernema brazilense* CB06, *S. glaseri* CB01, and *Heterorhabditis bacteriophora* HB, obtained from the Agricultural Nematology Laboratory of UNESP, Botucatu Campus – SP. Populations of *S. frugiperda* were established in the laboratory from larvae collected at Fazenda Lageado (FCA/UNESP) during the 2021/2022 growing season. The fungicides tested included Sumilex 500 WP (Procymidone), Frowncide 500 SC (Fluazinam), Cercobin 875 WG (Thiophanate-methyl), Approve (Thiophanate-methyl + Fluazinam), Absoluto Fix (Chlorothalonil), Fusão EC (Metominostrobin + Tebuconazole), Cerconil (Thiophanate-methyl + Chlorothalonil), and Unizeb Gold (Mancozeb). EPN mortality was assessed at 30-minute intervals over a period of four hours (240 minutes) following product exposure. All fungicides were compatible with the EPNs in laboratory conditions, with infective juvenile (IJ) mortality below 7%. However, in the reproduction of IJs in *S. frugiperda* when exposed to fungicide solutions, the *H. bacteriophora* HB isolate showed a reduction of over 40% in seven out of the eight treatments evaluated. In analyzing fungicide effects, all fungicides were classified as slightly harmful according to IOBC/WPRS protocol for at least one of the EPN species.

Keywords: viability; infectivity; epns; fungicide solution.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

- Figura 1** – Multiplicação de juvenis infectantes (JIs) de *Steinernema glaseri* CB01, após exposição de 240 minutos em caldas fungicidas a lagartas de *Spodoptera frugiperda*.....46
- Figura 2** – Multiplicação de juvenis infectantes (JIs) de *Steinernema braziliense* CB06, após exposição de 240 minutos em caldas fungicidas a lagartas de *Spodoptera frugiperda*.....48
- Figura 3** – Multiplicação de juvenis infectantes (JIs) de *Heterorhabditis bacteriophora* HB, após exposição de 240 minutos em caldas fungicidas a lagartas de *Spodoptera frugiperda*.....50

LISTA DE TABELAS

| | |
|--|----|
| Tabela 1 – Dieta artificial para criação de <i>Galleria mellonella</i> em laboratório..... | 33 |
| Tabela 2 – Caracterização dos tratamentos utilizados para os testes de compatibilidade..... | 35 |
| Tabela 3 – Composição da dieta artificial para criação de <i>Spodoptera frugiperda</i> em condições de laboratório..... | 37 |
| Tabela 4 – Porcentagem (%) de mortalidade de JIs de <i>Steinernema glaseri</i> CB01 avaliados aos 30, 60, 90, 120, 150, 180, 210 e 240 minutos após exposição em calda fungicida..... | 42 |
| Tabela 5 – Porcentagem (%) de mortalidade de JIs de <i>Steinernema brazilense</i> CB06 avaliados aos 30, 60, 90, 120, 150, 180, 210 e 240 minutos após exposição em calda fungicida..... | 43 |
| Tabela 6 – Porcentagem (%) de mortalidade de JIs de <i>Heterorhabditis bacteriophora</i> HB avaliados aos 30, 60, 90, 120, 150, 180, 210 e 240 minutos após exposição em calda fungicida..... | 44 |
| Tabela 7 – Efeito dos fungicidas (E%) após 240 minutos de contato com <i>Steinernema glaseri</i> CB01 a lagartas de <i>Spodoptera frugiperda</i> | 47 |
| Tabela 8 – Efeito dos fungicidas (E%) após 240 minutos de contato com <i>Steinernema brazilense</i> CB06 a lagartas de <i>Spodoptera frugiperda</i> | 49 |
| Tabela 9 – Efeito dos fungicidas (E%) após 240 minutos de contato com <i>Heterorhabditis bacteriophora</i> HB a lagartas de <i>Spodoptera frugiperda</i> | 51 |

SUMÁRIO

| | | |
|-------|---|----|
| 1 | INTRODUÇÃO..... | 19 |
| 2 | REVISÃO DE LITERATURA..... | 21 |
| 2.1 | Nematoides entomopatogênicos | 21 |
| 2.2 | Gêneros <i>Steinernema</i> e <i>Heterorhabditis</i> | 21 |
| 2.2.1 | Ciclo de vida dos gêneros <i>Steinernema</i> e <i>Heterorhabditis</i> | 22 |
| 2.3 | Bactérias simbióticas dos nematoides entomopatogênicos | 24 |
| 2.4 | Multiplicação de nematoides entomopatogênico..... | 25 |
| 2.5 | Uso de nematoides entomopatogênicos na agricultura | 27 |
| 2.6 | Controle de <i>S. frugiperda</i> com nematoides entomopatogênicos | 28 |
| 2.7 | <i>Spodoptera frugiperda</i> (J.E Smith) (Lep.: Noctuidae)..... | 29 |
| 2.7.1 | Ciclo de vida de <i>Spodoptera frugiperda</i> | 30 |
| 3 | MATERIAL E MÉTODOS..... | 32 |
| 3.1 | Obtenção dos isolados de nematoides entomopatogênicos (NEPs). | 32 |
| 3.2 | Criação de <i>Galleria mellonella</i> (L.) (Lepidoptera: Pyralidae) em laboratóri..... | 32 |
| 3.3 | Multiplicação e manutenção dos nematoides entomopatogênicos (NEPs)..... | 33 |
| 3.4 | Compatibilidade de nematoides entomopatogênicos a fungicidas químicos..... | 34 |
| 3.5 | Efeito dos fungicidas químicos na produção de nematoides entomopatogênicos em lagartas de <i>Spodoptera frugiperda</i> (J.E Smith) (Lep.: Noctuidae)..... | 36 |
| 3.6 | Análises estatísticas | 39 |
| 4. | RESULTADOS E DISCUSSÃO..... | 40 |
| 4.1 | Compatibilidade de fungicidas químicos a nematoides entomopatogênicos | 40 |
| 4.2 | Multiplicação e infectividade de nematoides entomopatogênicos em <i>Spodoptera frugiperda</i> após exposição em calda fungicida. | 44 |
| 5 | CONCLUSÕES | 53 |

| | |
|-------------------------|-----------|
| REFERÊNCIAS..... | 55 |
|-------------------------|-----------|

1 INTRODUÇÃO

A crescente rejeição ao uso intensivo de pesticidas tem impulsionado a busca por alternativas mais sustentáveis e menos nocivas ao meio ambiente e à saúde dos aplicadores. Diante deste cenário, reduzir o número de aplicações, substituições ou combiná-las com outras estratégias de manejo, como o uso de agentes biológicos, torna-se fundamental para garantir práticas agrícolas mais seguras e eficazes (Laznik; Trdan, 2014). Uma das alternativas para diminuir o uso de inseticidas químicos é o uso de nematoides entomopatogênicos (NEPs), principalmente os gêneros *Heterorhabditis* Poinar, 1976 e *Steinernema* Travassos, 1927 (Grewal; Jagdale, 2001; Grewal; Ehlers; Shapiro-Ilan, 2005; Laznik; Trdan, 2017).

Os NEPs são agentes de controle biológico conhecidos por ocorrerem naturalmente nos mais diferentes continentes, apresentando maior potencial de controle para insetos-pragas em que pelo menos uma fase de seu ciclo de vida ocorra no solo, como é o caso das lagartas do gênero *Spodoptera* (J.E Smith) (Lep.: Noctuidae) (Rohde et al., 2012; Lacey et al., 2015; Lewis et al., 2015; Okuma et al., 2022). O controle do inseto-praga no solo acontece logo após a penetração do juvenil infectante (J1/J3) pelas aberturas naturais (boca, ânus e espiráculos) (Poinar; Grewal, 2012), uma vez na hemocele do inseto os juvenis de *Steinernema* e *Heterorhabditis* liberam bactérias simbióticas dos gêneros *Xenorhabdus* spp. e *Photorhabdus* spp. respectivamente (Poinar, 1990; Adams; Nguyen, 2002; Grewal; Ehlers; Shapiro-Ilan, 2005), essas bactérias uma vez presentes na hemolinfa do inseto hospedeiro se multiplicam rapidamente liberando toxinas, matando-o por septicemia em um curto período de tempo (24 a 48 horas) (Dolinski, 2006; Voss et al., 2009).

Diversos estudos com *Steinernema* e *Heterorhabditis* comprovam a eficiência desses agentes no controle de diferentes espécies de insetos-pragas tanto em casa de vegetação como em campo (Sirjani; Lewis, Kaya, 2009; Brida, et al., 2019). Além disso, o uso combinado desses agentes com produtos químicos misturando-os em tanques de pulverização vem sendo estudadas nas últimas décadas como uma alternativa ao Manejo Integrado de Pragas (MIP) (Shapiro-Ilan; Lewis; Behle; McGuire, 2001), atuando de forma sinérgica nas misturas, otimizando o tempo de aplicação e reduzindo custos (Rovesti, Deseo 1990; Grewal; Webber; Batterley, 1998), no entanto,

existem trabalhos demonstrando os efeitos negativos de diferentes grupos químicos sobre os nematoides entomopatogênicos, ocasionando a mortalidade e redução da virulência de determinados isolados de nematoides entomopatogênicos (Amizadeh et al., 2019). De certo modo, a compatibilidade de NEPs e produtos químicos varia do isolado de nematoides entomopatogênico, dos pesticidas químicos, das doses de aplicação e tempo de exposição (De Nardo; Grewal, 2003; García del Pino, Jové, 2005; Koppenhöfer, Grewal 2005).

Ao avaliar a compatibilidade dos nematoides entomopatogênicos (NEPs) com produtos químicos, é preciso olhar além da simples sobrevivência dos juvenis infectantes. Embora os nematoides possam sobreviver após a exposição a certos produtos químicos, pode haver outros efeitos subletais, comprometendo a virulência dos NEPs, mesmo que a sobrevivência não pareça afetada. Diante ao exposto, o presente trabalho teve como objetivo: (I) verificar compatibilidade de nematoides entomopatogênicos *Steinernema glaseri* CB01, *Steinernema braziliense* CB06 e *Heterorhabditis bacteriophora* HB com fungicidas químicos registrado para a cultura da soja; (II) avaliar multiplicação e eficiência na infectividade dos isolados após 240 minutos de exposição em calda fungicida a lagartas de *Spodoptera frugiperda* em condições de laboratório.

5 CONCLUSÕES

O presente estudo demonstrou que os nematoides entomopatogênicos *Steinernema glaseri* CB01, *Steinernema braziliense* CB06 e *Heterorhabditis bacteriophora* HB apresentam compatibilidade com os fungicidas testados e são capazes de se efetuar o parasitismo em *Spodoptera frugiperda* após a exposição a esses produtos por 4 horas (240 minutos). A baixa taxa de mortalidade observada nos tratamentos com fungicidas aponta que esses produtos podem ser aplicados em conjunto com NEPs sem comprometer sua viabilidade e eficácia no controle biológico.

REFERÊNCIAS

- ABBOTT, W. S. A method of computing the effectiveness of an insecticide. **Journal of Economic Entomology**, v. 18, n. 2, p. 265-266, 1925.
- ADAMS, B. J.; NGUYEN, B. Taxonomy, and systematics. *In*: Gaugler, R. (Ed). **Entomopathogenic nematology**. New York: CABI, p. 1-34, 2002.
- ALMENARA, D.P. *et al.* Nematoides Entomopatogênicos. *In*: INCTEM. **Tópicos Avançados em Entomologia Molecular**. INCTEM: Instituto Nacional de Ciência e Tecnologia em Entomologia Molecular, Brasília, cap.16, p. 1-40, 2012.
- AMIZADEH, M. *et al.* Interaction between the entomopathogenic nematode, *Steinernema feltiae* and select chemical insecticides for management of the tomato leafminer, *Tuta absoluta*. **Biocontrol**, v. 46, p. 709-721, 2019.
- ANDALÓ, V., *et al.* Avaliação de nematoides entomopatogênicos em condições de laboratório e casa-de-vegetação visando ao controle de *Spodoptera frugiperda*. **Ciência Rural**, v. 40, n. 9, p. 1860-1866, 2010. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/S0103-84782010005000151>. Acesso em: 10 mar. 2024.
- ANDALÓ, V., MOINO JUNIOR, A., SANTA-CECILIA, L.V.C., SOUZA, G.C. Seleção de isolados de fungos e nematoides entomopatogênicos para a cochonilha-da raiz do cafeeiro *Dysmicoccus texensis* (Tinsley). **Instituto Biológico**, São Paulo, v.7, n.2, p.181-187, abr. 2004
- BARROS, E. M.; TORRES, J. B.; BUENO, A. F. Oviposição, desenvolvimento e reprodução de *Spodoptera frugiperda* (J.E. Smith) (Lepidoptera: Noctuidae) em diferentes hospedeiros de importância econômica. **Neotropical Entomology**, v. 39, n. 6, p. 996-1001, 2010.
- BERNARDI, O.; *et al.* Low susceptibility of *Spodoptera cosmioides*, *Spodoptera eridania* and *Spodoptera frugiperda* (Lepidoptera: Noctuidae) to genetically modified soybean expressing Cry1Ac protein. **Crop Protection**, v. 58, p. 33-40, 2014.
- BOEMARE, N. Biological and taxonomical diversity of entomopathogenic nematode-bacteria complexes. **Biological Control**, v. 25, n. 3, p. 217-227, 2002.
- BRENNER S.; WOOD, W. B (Ed.). The nematode *Caenorhabditis elegans*. **Cold Spring Harbor**, New York, USA, v. 1, p. 667, 1988.
- BRIDA, A. L. *et al.* Virulence of entomopathogenic nematode to pupae and adults of *Drosophila suzukii* in laboratory. **Revista Científica Rural**, Bagé – RS, v. 2, p. 126-48 138, 2019.
- CRUZ, I. A lagarta-do-cartucho na cultura do milho. **EMBRAPA-CNPMS**, Sete Lagoas, p. 45, 1995.
- CRUZ, I. Manejo da resistência de insetos-praga a inseticidas, com ênfase em *Spodoptera frugiperda* (Smith). **Embrapa Milho e Sorgo**, Sete Lagoas, p. 15, 2002.
- DE BRIDA, A. L.; *et al.* Entomopathogenic nematodes in agricultural areas in Brazil. **Scientific Reports**, v. 7, p. 45-54, 2017.

- DE LEY, P. A quick tour of nematode diversity and the backbone of nematode phylogeny. In: WormBook (org) The *C. elegans* Research Community. California, USA, 2006. Disponível em: <https://www.wormbook.org/chapters/www.quicktourdiversity/quicktourdiversity.html>. Acesso em: mar. 2024.
- DE NARDO, E.; GREWAL, P. Compatibility of *Steinernema feltiae* (Nematoda: Steinernematidae) with Pesticides and Plant Growth Regulators Used in Glasshouse Plant Production. **Biocontrol Science and Technology**, v. 13, p. 441-448, 2003.
- DEGRANDE, P. E.; MELO, E. P.; FERNANDES, M. G. Esporádica perigosa. **Cadeia Técnica Cultivar**, p. 3-6, 2005
- DEVI, G.; NATH, D. Entomopathogenic nematodes: A tool in biocontrol of insect pests of vegetables. **Agricultural Reviews**, v. 38, n. 2, 2017.
- DIAS, S. D. C.; DE BRIDA, A.L.; JEAN-BAPTISTE, M.C, *et al.* Compatibility of Entomopathogenic Nematodes with Chemical Insecticides for the Control of *Drosophila suzukii* (Diptera: Drosophilidae). **Plants**, v. 13, p. 632, 2024.
- DIEZ-RODRÍGUEZ, G. I.; OMOTO, C. Herança da Resistência de *Spodoptera frugiperda* (J. E. Smith) (Lepidoptera: Noctuidae) a Lambda-cialotrina. **Neotropical Entomology**, v. 30, n. 2, p. 311-316, 2001. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/S1519-566X2001000200016>. Acesso em: 23 jun. 2024.
- DIX, I.; *et al.* The identification of biological species in the genus *Heterorhabditis* (Nematoda: Heterorhabditidae) by cross breeding second Generation amphimictic adults. **Parasitology**, v. 104, p. 509- 518, 1992.
- DOLINSKI, C. Developing a research and extension program for control of the guava weevil in Brazil using entomopathogenic nematodes. **Journal of Nematology**, Piracicaba, v. 38, p. 270, 2006.
- DOWDS, B. V. A.; PETERS, A. Virulence mechanisms. In: GAUGLER, R. (Ed.). **Entomopathogenic Nematology**, CABI Publishing, New York, p. 79-98, 2002.
- EBERSON, B.; LEWIS, E.; MOORE, R. Production of entomopathogenic nematodes for biological control. **Journal of Nematology**, v. 22, n. 2, p. 281-287, 1990.
- EHLERS, R. U. Mass production of entomopathogenic nematodes for plant protection. **Applied Microbiology and Biotechnology**, v. 56, p. 623–633, 2001.
- EMELIANOFF, V.; *et al.* Effect of bacterial symbionts *Xenorhabdus* on mortality of infective juveniles of two *Steinernema* species. **Parasitology research**, v. 100, p. 657–659, 2007.
- FERNANDES, F. O.; ABREU, J. A.; CHRIST, L. M.; ROSA, A. P. S. A. Efficacy of Insecticides Against *Spodoptera frugiperda* (Smith, 1797). **Journal of Agricultural Science**, v. 11, n. 1, p. 494-503, 2019. Disponível em: <https://doi.org/10.5539/jas.v11n1p494>. Acesso em: 09 mar. 2024.
- FERRAZ, L. C. C. B. Nematoides entomopatogênicos. In: Alves, S. B. **Controle microbiano de insetos**, FEALQ, Piracicaba, ed. 2, cap. 11, p. 541-67, 1998.
- FORST, S.; CLARKE, D. Bacteria-nematode symbiosis. In: GAUGLER, R. (Ed.). **Entomopathogenic nematology**, CABI Publishing New York, p. 57-77, 2002.

FORST, S.; DOWDS, B.; BOEMARE, N.; STACKEBRANDT, E. *Xenorhabdus* and *Photorhabdus* spp.: Bugs that kill bugs. **Annual Review of Microbiology**, v. 51, p. 47–72, 1997.

FRIEDMAN, M. J. Commercial production and development of entomopathogenic nematode. *In*: POINAR, G.O. (Ed.), **Entomopathogenic Nematodes in Biological Control**. CRC Press, Boca Raton, v. 35, n. 3, p. 477-485, 1990.

GALLO, D. *et al.* Entomologia agrícola. **FEALQ**, Piracicaba, 2002. Acesso em: 10 mai. 2024.

GARCÍA DEL PINO, F.; JOVÉ, M. Compatibility of entomopathogenic nematodes with fipronil. **Journal of helminthology**, v. 79, p. 333–337, 2005.

GARCIA, L. C.; RAETANO, C.G.; LEITE, L.G. Application technology for the entomopathogenic nematodes *Heterorhabditis indica* and *Steinernema* sp. (Rhabditida: Heterorhabditidae and Steinernematidae) to control *Spodoptera frugiperda* (Smith) (Lepidoptera: Noctuidae) in corn. **Neotropical Entomology**, v. 37, n. 3, p. 305-311, mai, 2008.

GREENE, G. L.; LEPPLA, N. C.; DICKERSON, W. A. Velvetbean caterpillar: a rearing procedure and artificial medium. **Journal of Economic Entomology**, Lanham, v. 69, n. 4, p. 487-488, 1976.

GREWAL, P. S.; EHLERS, R. U. SHAPIRO-ILAN, D. I. Nematodes as Biological Control Agents. Wallingford UK: **CABI**, 2005.

GREWAL, P. S.; JAGDALE, G.B. Biology, and management of foliar nematodes. **The Hosta Journal**, Bolton, v. 32, p. 64-66, 2001.

GREWAL, P. S.; WEBBER, T.; BATTERLEY, D. A. Compatibility of *Steinernema feltiae* with chemicals used in mushroom production. **Mushroom News**, v. 46, p. 6–10, 1998.

GRIFFIN, C. T.; DOWNES, M.J.; BLOCK, W. Tests of Antarctic soils for insect parasitic nematodes. **Antarctic Science**, v. 3, p. 221-222, 1990.

HOMINICK, W. M.; *et al.* Entomopathogenic Nematodes: Biodiversity, Geographical Distribution, and the Convention on Biological Diversity. **Biocontrol Science and Technology**, v. 6, p. 317–332, 1996.

HOMINICK, W.B. Biogeography. *In*: GAUGLER, R. (Ed.). **Entomopathogenic nematology**. CAB International, Wallingford, p. 115-143, 2002.

JEAN-BAPTISTE, M. C.; BRIDA, A. L.; BERNARDI, D., *et al.* Effectiveness of Entomopathogenic Nematodes Against *Ceratitis capitata* (Diptera: Tephritidae) Pupae and Nematode Compatibility with Chemical Insecticides, *Journal of Economic Entomology*, v. 114, cap. 1, p. 248–256, fev.2021.

KAPRANAS, A. *et al.* Efficacy of entomopathogenic nematodes for control of large pine weevil *Hylobius abietis*: effects of soil type, pest density and spatial distribution. **Journal of Pest Science**, v. 90, n. 2, p. 495-505, 2017.

KAYA, H. K.; GAUGLER, R. Entomopathogenic nematodes. **Annual Review Entomology**, Palo Alto, v. 38, p. 181-206, 1993.

- KAYA, H. K.; STOCK, S. P. Techniques in insect nematology. *In*: Lacey, L. A. (Ed). **Manual of Techniques in Insect Pathology**, Academic Press, San Diego, p. 281-324, 1997.
- KOPPENHÖFER, A. M.; GREWAL, P. S. Compatibility and interactions with agrochemicals and other biocontrol agents. *In*: GREWAL, P. S. **Nematodes as Biocontrol Agent**. CABI Publishing, p. 363-381, 2005.
- KRISHNAYYAAND, P. V.; GREWAL, P. S. Effect of Neem and selected fungicides on the viability and virulence of the entomopathogenic nematode *Steinernema feltiae*. **Biocontrol Science and Technology**, v. 12, cap. 2, p. 259–266, 2010.
- LACEY, L. A.; GEORGIS, R. Entomopathogenic nematodes for control of insect pests above and below ground with comments on commercial production. *Journal of Nematology*, v. 44, p. 218-225, 2012.
- LACEY, L.A. *et al.* Insect pathogens as biological control agents: Back to the future. **Journal of Invertebrate Pathology**, v. 132, p.1-41, 2005.
- LAZNIK, Z.; TRDAN, S. Influence of herbicides on the viability of entomopathogenic nematodes (Rhabditida: Steinernematidae and Heterorhabditidae). *International Journal of Pest Management*, v. 63, n.2, p. 105-111, 2017.
- LAZNIK, Z.; TRDAN, S. The influence of insecticides on the viability of entomopathogenic nematodes (Rhabditida: Steinernematidae and Heterorhabditidae) under laboratory conditions. **Pest Management Science**, v. 70, p. 784-789, 2014.
- LAZNIK, Z.; VIDRIH, M.; TRDAN, S. The effects of different fungicides on the viability of entomopathogenic nematodes *Steinernema feltiae* (Filipjev), *S. carpocapsae* Weiser, and *Heterorhabditis downesi* Stock, Griffin & Burnell (Nematoda: Rhabditida) under laboratory conditions. **Chilean Journal of Agricultural Research**, v. 72, cap. 1, p. 62- 67, 2012.
- LEIDERMAN, L.; SAUER, H. F. G. A lagarta dos milharais *Laphygma frugiperda* (Abbot & Smith, 1797). **O Biológico**, v. 19, p. 105-113, 1953.
- LEITE, L. G. *et al.* Nematoides entomopatogênicos no controle de pragas. *In*: Pinto, A de S. et al (Org). **Controle biológico de pragas na prática**. ESALQ, Piracicaba, p. 45-54, 2006.
- LEWIS, E. E. et al. Trophic Relationships of Entomopathogenic Nematodes in Agricultural Habitats. **Nematode Pathogenesis of Insects and Other Pests**, p. 137-161, 2015.
- LEWIS, E. E.; *et al.* Behavioral ecology of entomopathogenic nematodes. **Biological Control**, Maryland Heights, v. 38, p. 66-79, 2006.
- LUGINBILL, P. The fall armyworm. **Technical Bulletin**, v. 34, n. 138, p. 1-91, 1928.
- MAGNABOSCO, M. E. B. *et al.* Compatibilidade entre nematoides entomopatogênicos e produtos fitossanitários utilizados no tratamento de sementes de milho. **Semina: Ciências Agrárias**, v. 40, n. 6, p. 2487–2496, 2019. Disponível em: <https://ojs.uel.br/revistas/uel/index.php/semagrarias/article/view/33789>. Acesso em: 9 mar. 2024.

- MOLINA, J.O.; LEZAMA, R. G.; LOPEZ, E. M. Steinernematidae and Heterorhabditidae nematodes for control of *Spodoptera frugiperda* (Lepidoptera: Noctuidae) in Mexico. *Journal of Entomological Science*, v. 31, n. 1, p. 41-47, 1996
- MOORE, R.G.; HANKS, L.M. Aerial dispersal and host plant selection by neonate *Thyridopteryx ephemeraeformis* (Lepidoptera: Psychidae). **Ecological Entomology**, v. 29, p. 327-335, 2004.
- NAGESH, M.; HUSSAINI, S. S.; SINGH, S. P. Isolation, and characterization of symbiotic bacteria from *Heterorhabditis* spp. and *S. carpocapsae* Weiser. **Pest Management in Horticultural Ecosystems**, v. 8, p. 38-42, 2002.
- NEGRISOLI, A. S., JR.; *et al.* Compatibility of entomopathogenic nematodes (Nematoda: Rhabditida) with registered insecticides for *Spodoptera frugiperda* (Lepidoptera: Noctuidae) under laboratory conditions. **Crop Protect.** v, 29, p. 545–549, 2010.
- OKUMA, D. M. *et al.* Large-Scale Monitoring of the Frequency of Ryanodine Receptor Target-Site Mutations Conferring Diamide Resistance in Brazilian Field Populations of Fall Armyworm, *Spodoptera Frugiperda* (Lepidoptera: Noctuidae). **Insects**, v. 13, n. 7, p. 626-628, 2022.
- PETERS, A.; POULLOT, D. Side effects of surfactants and pesticides on entomopathogenic nematodes assessed using IOBC advanced guidelines. **IOBC/WPRS Bull**, v. 27, p. 67–72, 2004.
- PINTO, A. S.; PARRA, J. R. P.; OLIVEIRA, H. N. Guia ilustrado de pragas e insetos benéficos do milho e sorgo. **ESALQ/USP** Ribeirão Preto, p. 19-26, 2004.
- POGUE, G.M. A world revision of the genus *Spodoptera* Guenée (Lepidoptera: Noctuidae). **Entomological Society of America**, v. 43, p. 202, 2002.
- POINAR, G.O. Taxonomy and biology of Steinernematidae and Heterorhabditidae. *In*: GAUGLER, R.; KAYA, H. K. (Ed). **Entomopathogenic nematodes in biological control**. Boca Raton: CRC, p. 23-61, 1990.
- POINAR, G.O.; Grewal P. S. History of entomopathogenic nematology. **Journal of Nematology**, v. 44, p. 153-161, 2012.
- POPIEL, I.; HOMINICK, W. M. Nematodes as biological control agents: part II. **Advances in Parasitology**, v. 31, p. 381-431, 1992.
- RADOVÁ, S. Effect of selected pesticides on the vitality and virulence of the entomopathogenic nematode *Steinernema feltiae* (Nematoda: Steinernematidae). **Plant Protection Science**, Czech Academy of Agricultural Sciences, v. 46 n. 2, p 83-88, 2010.
- RODRIGUEIRO, T. S. C. *et al.* Eficiência de *Heterorhabditis indica* ibcb-n05 (Rhabditida: Heterorhabditidae) no controle de *Alphitobius diaperinus* (coleóptera: tenebrionidae) sob comedouros de granja avícola. **Instituto Biológico**, São Paulo, v. 75, n. 3, p. 279-284, 2008. Disponível em: SciELO - Brasil - EFICIÊNCIA DE <i>HETERORHABDITIS INDICA</i> IBCB-N05 (RHABDITIDA: HETERORHABDITIDAE) NO CONTROLE DE <i>ALPHITOBIUS DIAPERINUS</i> (COLEOPTERA: TENEBRIONIDAE) SOB COMEDOUROS DE GRANJA AVÍCOLA EFICIÊNCIA DE <i>HETERORHABDITIS INDICA</i> IBCB-N05 (RHABDITIDA:

HETERORHABDITIDAE) NO CONTROLE DE *ALPHITOBIUS DIAPERINUS* (COLEOPTERA: TENEBRIONIDAE) SOB COMEDOUROS DE GRANJA AVÍCOLA. Acesso em: mar. 2024

ROHDE, C.; *et al.* Compatibility of entomopathogenic nematodes and aqueous plant extracts aiming at the control of fruit fly *Ceratitidis capitata* (Wiedemann) (Diptera: Tephritidae). **Semina: Ciências Agrárias**, Londrina, v. 34, n. 3, p. 1033-1042, maio/jun, 2013.

ROVESTI, L.; DOSEO, K. V. Compatibility of chemical pesticides with the entomopathogenic nematodes: *Steinernema carpocapsae* Weiser and *Steinernema feltiae* Filipjev (Nematoda: Steinernematidae). **Nematology**, v. 36, n. 2, p. 237-245, 1990.

SABINO, P. H. S.; MOINO JUNIOR, A.; ANDALÓ, V. Effects of some insecticides on the neutral lipid percentage, survival, and infectivity of *Steinernema carpocapsae* ALL and *Heterorhabditis amazonensis* JPM 4. **Nematoda**, v. 1, n.1, 2014.

SHAPIRO-ILAN, D. I.; GAUGLER, R. Production technology for entomopathogenic nematodes and their bacterial symbionts. **Journal of Industrial Microbiology and Biotechnology**, v. 28, p. 137–146, 2002.

SHAPIRO-ILAN, D. I.; GOZZO, F. In vitro liquid culture of entomopathogenic nematodes: progress and obstacles. **Journal of Invertebrate Pathology**, v. 101, p. 202–210, 2009.

SHAPIRO-ILAN, D.I., LEWIS, E.E., BEHLE, R.W., MCGUIRE, M.R., 2001. Formulation of entomopathogenic nematode-infected-cadavers. *Journal of invertebrate pathology*, v. 78, p. 17–23, 2001.

SIRJANI, F.O., LEWIS, E.E., & KAYA, H.K. Evaluation of entomopathogenic nematodes against the olive fruit fly, *Bactrocera oleae* (Diptera: Tephritidae). **Biological Control**, v. 48, p. 274-280, 2009.

SUNDARABABU, R.; SANKARANARAYANAN, C. Biological control of insects using nematodes. *In*: Trivedi, P. C. (Ed). **Recent advances in plant nematology**. CBS Publishers and Distributors, New Delhi, p. 153-170, 1998.

VALICENTE, F. H. Manejo Integrado de Pragas na cultura do milho. **Embrapa Milho e Sorgo**, Sete Lagoas, p. 13, 2015.

VALICENTE, F.; TUELHER, E. S. Controle biológico da lagarta-do-cartucho *Spodoptera frugiperda* com *Baculovirus*. **EMBRAPA/CNPMS**, Sete Lagoas, v. 114, 2009.

VOSS, M. et al. Manual de técnicas laboratoriais para obtenção, manutenção e caracterização de nematoides entomopatogênicos. **Embrapa Trigo**: Passo Fundo, 2009.

White, G. F. A method for obtaining infective nematode larvae from cultures. **Science**, v. 66, p. 302-303, 1927.

WOODRING, J. L.; KAYA, H. K. Steinernematidae and Heterorhabditidae nematodes: a handbook of biology and techniques. **Southern cooperative series bulletin**, Arkansas, v. 331, p. 30, 1988.

ZUCHHI, R.S.; SILVEIRA NETO, S. S.; NAKANO, O. Guia de Identificação de pragas agrícolas, **FEALQ**, Piracicaba, 1993.