

Avaliação do efeito de pesticidas sobre o crescimento do *Beauveria bassiana*

Effect assessment of pesticides on the growth of *Beauveria bassiana*

Evaluación del efecto de pesticidas sobre el crecimiento del *Beauveria bassiana*

Recebido: 18/12/2023 | Revisado: 27/12/2023 | Aceitado: 28/12/2023 | Publicado: 29/12/2024

Louis Antoniel Joseph

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-7747-0743>
Universidade Federal do Tocantins, Brasil
E-mail: anthoniello@gmail.com

Manoucheca Jean

ORCID: <https://orcid.org/0009-0004-4638-377X>
Universidade Federal dos Vales Jequitinhonha e Mucuri, Brasil
E-mail: manoucheca.jean@ufvjm.edu.br

Frantz Mial

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-4528-716X>
Université Laval, Canadá
E-mail: frantz.mial.1@ulaval.ca

Kente Fragélus

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-1990-0474>
Université du Québec à Montreal, Canadá
E-mail: fragelusk@yahoo.fr

Kerley-Vivaldy Jean

ORCID: <https://orcid.org/0009-0000-8786-1556>
Universidade Federal dos Vales Jequitinhonha e Mucuri, Brasil
E-mail: Kerley.jean@ufvjm.edu.br

Frantz Fils-Aimé

ORCID: <https://orcid.org/0009-0006-6137-1747>
Universidade Federal dos Vales Jequitinhonha e Mucuri, Brasil
E-mail: frantz.fils@ufvjm.edu.br

Resumo

O controle biológico utilizando fungos entomopatogênicos vem representando uma ferramenta alternativa para o manejo de pragas e doenças que atacam as culturas, diminuindo os riscos ambientais provocados pelas técnicas de controle químico. Neste contexto, este trabalho teve como objetivo avaliar a compatibilidade de pesticidas sobre o microrganismo *Beauveria bassiana*. O experimento foi desenvolvido em delineamento inteiramente casualizado com esquema fatorial 7 x 3, contendo três repetições. O primeiro fator correspondeu às concentrações, o segundo se referiu aos pesticidas (Fipronil, Chlorpyrifos, Imidacloprid + Fipronil, Imidacloprid, Chlorantraniliprole), dois fungicidas (Hexaconazole e Propiconazole). O microrganismo foi desenvolvido em meio de cultura BDA. Foram utilizadas doses em diferentes concentrações com auxílio de uma pipeta automática (1/2DR; DR; 2DR). As placas foram incubadas em câmara do tipo BOD por 12 h a 25 ± 2 °C. Foram avaliados diâmetro da colônia, inibição do crescimento e esporulação do *Beauveria bassiana*. Os resultados mostraram que os inseticidas testados são compatíveis com o fungo exceto Chlorpyrifos. O Fipronil em 1/2DR, DR e 2DR apresentaram menor taxa de inibição 37,5%; 44,44% e 50,26%. Os fungicidas Hexaconazole e Propiconazole foram classificados tóxicos em todas as concentrações afetando o crescimento do fungo. Conclui-se que os pesticidas Fipronil, Imidacloprid + Fipronil, Imidacloprid, Chlorantraniliprole podem ser usados em programas do manejo integrado de pragas e doenças.

Palavras-chave: Controle biológico; Combinação química; Fungo entomopatogênico; Compatibilidade.

Abstract

The biological control using entomopathogenic fungi is an alternative tool in integrated pest and disease management that attack the crops, reducing the environmental risks caused by chemical control techniques. In this context, this work aimed to evaluate the compatibility of pesticides on the microorganism *Beauveria bassiana*. The experiment was conducted in a completely randomized design with a 7 x 3 factorial arrangement with three replications. First factor corresponded to the doses, and the second referred to the pesticides (Fipronil, Chlorpyrifos, Imidacloprid + Fipronil, Imidacloprid, Chlorantraniliprole), and two fungicides (Hexaconazole and Propiconazole). The microorganism was developed in PDA medium. Doses at different concentrations were used with an automatic pipette as (1/2RD; RD; 2RD). The plates were incubated in a BOD for 12 h at 25 ± 2 °C. The parameters evaluated were colony diameter, fungal growth inhibition and sporulation of the *Beauveria bassiana*. The results showed that tested insecticides were compatible with the fungus except Chlorpyrifos. The fipronil at 1/2RD, RD and 2RD showed lower rate of inhibition respectively 37,5%; 44,44% and 50,26%. The fungicides Hexaconazole and Propiconazole were toxic because were

completely inhibitory the fungal growth at all the concentrations. It concludes the pesticides Fipronil, Imidacloprid + Fipronil, Imidacloprid, Chlorantraniliprole can be used in integrated pest and disease management programs.

Keywords: Biological control; Chemical combination; Entomopathogenic fungi; Compatibility.

Resumem

El control biológico utilizando hongos entomopatógenos es una herramienta eficaz para el manejo integrado de plagas e enfermedades que atacan los cultivos, reduciendo los riesgos ambientales causados por las técnicas de control químico. En este contexto, este trabajo tuvo como objetivo evaluar la compatibilidad de pesticidas sobre el microorganismo *Beauveria bassiana*. El experimento fue realizado en un diseño completamente al azar con un esquema factorial 7 x 3, con tres repeticiones. El primer factor correspondió a las dosis, el segundo a los pesticidas (Fipronil, Chlorpyrifos, Imidacloprid + Fipronil, Imidacloprid, Chlorantraniliprole), y fungicidas (Hexaconazole y Propiconazole). El microorganismo se cultivó en medio de cultivo BDA. Se utilizaron dosis a diferentes concentraciones con la ayuda de una pipeta automática (1/2DR; DR; 2DR). Las placas se incubaron en una cámara BOD durante 12 h a 25 ± 2 °C. Se evaluaron el diámetro de colonia, la inhibición del crecimiento y la producción de esporas. Los resultados mostraron que los insecticidas son compatibles con el hongo excepto Chlorpyrifos. Fipronil en 1/2DR, DR y 2DR mostró menor tasa de inhibición 37,5%; 44,44% y 50,26%. Los fungicidas Hexaconazole y Propiconazole fueron clasificados como tóxicos en todas las concentraciones. Se concluye que los pesticidas Fipronil, Imidacloprid + Fipronil, Imidacloprid, Chlorantraniliprole pueden ser utilizados en programas de manejo integrado de plagas y enfermedades agrícolas.

Palabras clave: Control biológico; Combinación química; Hongos entomopatógenos; Compatibilidad.

1. Introdução

O Brasil representa um dos produtores mais importantes na produção agrícola mundial, no entanto, a expansão de novas áreas de cultura causou uma série de problemas fitossanitários, principalmente quanto ao controle de pragas e doenças que proporcionando prejuízos na agricultura (Baldin et al., 2014; Cabral et al., 2011; Smaniotto et al., 2010).

O uso de pesticidas é inevitável e esta prática contradiz o uso do controle biológico, porém o uso intensivo na maioria das vezes causa sérios desequilíbrios no ecossistema natural afetando à saúde humana, além de afetar adversamente os microrganismos benéficos do solo (Macías-Rodríguez et al., 2020; Moshi et al., 2005; Joseph et al., 2022). Dentre as inúmeras alternativas de controle de insetos-praga e doenças para uma agricultura sustentável, o controle biológico utilizando microrganismos entomopatogênicos constitui uma estratégia de grande interesse para reduzir ou substituir o uso de defensivos agrícolas (Patel & Singh, 2020).

Conforme Lutosa et al. (2020), o controle biológico utilizando fungos entomopatogênicos se percebe como uma das alternativas promissoras para o manejo integrado de pragas, pois os fungos possuem capacidade de infectar diferentes estágios de desenvolvimento de insetos-praga. Dentre os fungos que apresentam grande potencial para otimizar as produções agrícolas e silviculturais estão as espécies entomopatogênicos como *Beauveria bassiana* (Mubeen et al., 2022; Vivekanandhan et al., 2022). Esses fungos desempenham um papel importante no controle de insetos-praga em ambientes agrícolas e florestais, ocupando um espaço relevante na manutenção do equilíbrio ecológico, e mostrando seu sucesso na proteção de plantas contra ataques de pragas e doenças por meio de vários mecanismos, secretando metabólitos secundários que não estão diretamente envolvidos apenas no controle de pragas e doenças, mas na sinalização e interação com outros microrganismos. Estes metabólitos participam na indução de resistência contra estresses bióticos e abióticos, permitindo que a hospedeira se defenda contra ataques de patógenos (Groth et al., 2017; Kassab et al., 2022).

Neste sentido, a combinação de pesticidas compatíveis com fungos entomopatogênicos pode representar uma alternativa eficiente no controle de insetos-praga em programas do manejo integrado de pragas (Dhaneshwar et al., 2022; Saldanha et al., 2022; Thube et al., 2022). O uso destes fungos como controle biológico poderia ser uma alternativa sustentável para o combate pragas e doenças, pois é menos prejudicial ao meio ambiente e à saúde humana (Nunes et al., 2023). Diante do exposto, o objetivo deste trabalho teve avaliar a compatibilidade de pesticidas com o isolado *B. bassiana*.

2. Metodologia

O experimento foi conduzido no laboratório de Agromicrobiologia Aplicada e Biotecnologia da Universidade Federal do Tocantins (UFT), Campus Universitário de Gurupi 11°44'36.86" de latitude S e 49°02'57.18" de longitude. A caracterização climática local é clima tropical úmido com classificação do tipo pequena deficiência hídrica, vegetação de cerrado ou Savana Tropical segundo Koeppen-Geiger (Chagas Júnior et al., 2021). Foram utilizados cinco inseticidas e dois fungicidas (Tabela 1). Para a obtenção dos produtos, as soluções foram preparadas com água destilada, filtradas e acondicionadas em tubos falcon previamente autoclavados e armazenadas em geladeira até o início do experimento.

Tabela 1 - Descrição dos diferentes pesticidas utilizados nesta pesquisa.

Ingredientes ativos	Formulação	Concentrações		
Fipronil	5% SC	1/2DR	DR	2DR
Chlorpyrifos	20% EC	100	200	400
Imidacloprid + Fipronil	80 % WG	50	100	200
Imidacloprid	17.8% SL	0,0375	0,075	0,1125
Chlorantraniliprole	0.4% G	50	100	200
Hexaconazole	5% SC	3	6	12
Propiconazole	25 % EC	40	80	160
Controle	-	-	-	-

1/2DR = Metade da dose recomendada, DR = Dose recomendada, 2DR= Dobro da dose recomendada. Fonte: Autores (2023).

O fungo *B. bassiana* foi obtido do laboratório micológico acervo do Laboratório de Simbiose, Microrganismos de Insetos da UFT/Campus de Gurupi. Este fungo foi repicado em placas de Petri de 150 x 15 mm contendo meio de cultura BDA (Batata, Dextrose e Ágar), suplementado com amoxicilina (500 mg L⁻¹). O meio de cultura foi submetido ao processo de esterilização por autoclavagem, durante 20 min. Após a solidificação do meio, em câmara de fluxo adicionou-se em cada placa 10 µL da solução com o auxílio de uma pipeta automática (1/2DR, DR, 2DR). Essa solução foi espalhada na superfície do meio de cultura através de pincel. Em seguida, inoculou-se um disco de micélio de 5 mm de diâmetro de *B. bassiana* no centro de cada placa, além da testemunha sem a presença de solução. As placas foram acondicionadas em estufa incubadora do tipo BOD (*Biochemical Oxygen Demand*), à temperatura de 25 ± 2 °C e fotoperíodo de 12 h (Nunes et al., 2023).

As medições da colônia do fungo foram realizadas aos 4 e 8 dias após a inoculação. Essas medições foram realizadas com auxílio de um paquímetro manual. A leitura foi realizada até que o fungo atingisse toda superfície do meio de cultura para os tratamentos inoculados. A quantificação de esporulação foi feita pela lavagem de cada placa, adicionando 20 mL de água destilada previamente autoclavada com Tweem 80 a 0,02%. Na sequência, procedeu-se a filtragem da solução através de uma dupla camada de gaze esterilizada. Os esporos foram colocados em câmara de Neubauer e efetuou-se a transferência dessa suspensão para tubos de ensaio e levados ao microscópio óptico para a determinação de concentração de esporos. A percentagem de inibição no crescimento do fungo foi realizada pela seguinte fórmula (Dhaneshwar et al., 2022).

$$A = \frac{B-C}{B} \times 100$$

A: Percentual de inibição

B: Crescimento radial da testemunha

C: Crescimento radial do tratamento com pesticidas

O delineamento experimental utilizado foi inteiramente casualizado em esquema fatorial 7 x 3 com três repetições, sendo que o primeiro fator correspondeu aos pesticidas e o segundo se referiu às concentrações.

Os dados foram submetidos ao teste de normalidade Shapiro-Wilk e seguiram a distribuição normal. Em seguida, foram submetidos à análise de variância e as médias foram comparadas entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5% de significância com auxílio do programa computacional Sisvar versão 5.6 (Ferreira, 2011).

3. Resultados e Discussão

O Fipronil 5% SC em 1/2DR, DR e 2DR apresentaram menor taxa de inibição, respectivamente 37,5; 44,44 e 50,26. Em seguida, o tratamento Chlorantraniliprole 0,4% G 38,62; 43,39; 50,69. Imidacloprid 40% + Fipronil 40% WG com uma taxa de inibição de 43,92, 51,32 e 53,44. Imidacloprid 17,8% SL em 2DR registrou a maior porcentagem de inibição 82,12 enquanto que em 1/2DR e DR a porcentagem de inibição obtida 56,61 e 65,61. Além disso, em todas as concentrações Chlorpyriphos 20% EC, hexaconazole 5% SC e propiconazole 25% EC, apresentaram uma taxa de inibição de 100% quando comparado aos outros tratamentos (Tabela 2).

Tabela 2- Média do diâmetro da colônia e inibição do crescimento de *B. bassiana* aos 4 dias após inoculação.

Pesticidas	Parâmetros					
	Diâmetro da colônia (mm)			Inibição do crescimento (%)		
	1/2DR	DR	2DR	1/2DR	DR	2DR
Fipronil 5% SC	19,7	17,5	15,7	37,57a	44,44a	50,26a
Chlorpyriphos 20% EC	0	0	0	100d	100d	100d
Imidacloprid 40%+ Fipronil 40% WG	17,7	15,3	14,7	43,92b	51,32b	53,44a
Imidacloprid 17.8% SL	14,5	10,8	5,6	56,6c	65,61c	82,12b
Chlorantraniliprole 0.4% G	19,3	17,8	15,5	38,62ab	43,39b	50,69a
Hexaconazole 5% SC	0	0	0	100d	100d	100d
Propiconazole 25 % EC	0	0	0	100d	100d	100d
Controle	31,5	31,5	31,5	-	-	-

*Médias seguidas pela mesma letra em coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5% de significância.
 Fonte: Autores (2023).

Observando-se os dados contidos na Tabela 2, verificou-se que o fungo apresentou crescimento em quase todos os pesticidas. Esses resultados estão de acordo com os obtidos por Freitas et al. (2011) que estudaram a toxicidade de pesticidas Nativo® cujos princípios ativos são Trifloxistrobina + Tebuconazol e o Sphere® composto pelos princípios ativos Trifloxistrobina + Ciproconazol observaram o crescimento em todos os tempos estudados. Almeida et al. (2003) pesquisaram sobre a compatibilidade dos inseticidas/fungicidas Cyproconazole + Thiamethoxam 20, thiamethoxam 250 com *Metarhizium anisopliae* e observaram que os fungicidas inibiram totalmente o crescimento do fungo. Além disso, estes resultados encontrados no presente trabalho são corroborados com aqueles apresentados por Joseph et al. (2022), os quais encontraram diferenças significativas no diâmetro de colônia.

Espinosa et al. (2020) avaliaram compatibilidade do fungo *B. bassiana* no tratamento de sementes do feijão em condições laboratoriais com Manzate WG (mancozebe) (500 g × 100 L⁻¹), Nativo (tebuconazol + trifloxistrobina) (300 mL × 100 L⁻¹), Portero® (carbendazim) (250 mL × 100 L⁻¹) e Tebucó Nortox (tebuconazol) (250 mL × 100 L⁻¹) observaram que todos pesticidas testados foram considerados tóxicos, pois inibiram o crescimento do fungo. Autores relataram que a ação de fungicidas sobre o crescimento do fungo está diretamente relacionada com a composição química de produtos. É importante ressaltar que os

resultados encontrados neste trabalho não diferem da maioria dos trabalhos desenvolvidos com fungicidas em condições laboratoriais com microrganismo do gênero (Santos et al, 2009). Os resultados obtidos por Joshi et al. (2018), Samson et al. (2005), estão de acordo com nossos resultados porque obtiveram que propiconazol e hexaconazol foram altamente incompatíveis com o fungo *B. bassiana*. Para Maciel et al. (2022), a mistura de fungo com pesticidas representa uma estratégia essencial, pois os pesticidas possuem moléculas que podem ser reduzidas ataques de pragas e doenças.

Analisando a Tabela 3, os dados apresentaram diferenças significativas aos 8 dias após a inoculação. Observou-se que o inseticida Fipronil 5% SC em 1/2DR, DR e 2DR obteve menor taxa de inibição respectivamente 30,89%, 32,11% e 39,84%. Em seguida, o chlorantraniliprole 0,4% G com 32,60, 39,84 e 41,63, Imidacloprid 40% + Fipronil 40% WG com porcentagem de inibição de 35,77, 39,84 e 45,12. Imidacloprid 17,8% SL no 2DR apresentou maior taxa de inibição com 81,30 e em 1/2DR e DR registrou a porcentagem de inibição de 44,72 e 67,48. Os pesticidas como Chlorpyrifos 20% EC, Hexaconazole 5% SC e propiconazole 25% EC apresentaram 100% de inibição do crescimento.

Em relação à produção de esporos, observou-se que o fungo apresentou diferença significativa quando comparada ao controle. Observou-se que o tratamento controle apresentou maiores esporos quando comparado aos outros tratamentos. Entre os diferentes pesticidas testados nesta pesquisa Fipronil 5% SC e Chlorantraniliprole 0,4% G apresentaram rendimento de esporos significativamente maior de $1,41 \times 10^6$ e $1,23 \times 10^6$. Além disso, o menor rendimento da produção de esporos foi obtido em Imidacloprid 40% + Fipronil 40% WG de $1,15 \times 10^6$ seguido de Imidacloprid 17,8% SL de $0,94 \times 10^6$, enquanto Chlorpyrifos 20% EC, hexaconazole 5% SC e propiconazole 25% EC não obtiveram esporos durante o desenvolvimento do trabalho (Tabela 3).

Tabela 3- Média do diâmetro, da inibição e da esporulação do crescimento de *B. bassiana* aos 8 dias.

Pesticidas	Parâmetros						Esporulação (10^6)
	Diâmetro da colônia			Inibição do crescimento			
	1/2DR	DR	2DR	1/2DR	DR	2DR	
Fipronil 5% SC	28,33	27,83	24,66	30,89a	32,11a	39,84a	1,41b
Chlorpyrifos 20% EC	0	0	0	100d	100d	100d	0
Imidacloprid 40%+ Fipronil 40% WG	26,33	24,66	22,5	37,77b	39,84b	45,12b	1,15b
Imidacloprid 17,8% SL	26,22	13,33	7,66	44,72c	67,48c	81,3c	0,94d
Chlorantraniliprole 0,4% G	27,63	25,33	23,93	32,6ab	38,21b	41,63ab	1,23c
Hexaconazole 5% SC	0	0	0	100d	100d	100d	0
Propiconazole 25 % EC	0	0	0	100d	100d	100d	0
Controle	41	41	41	-	-	-	2,01a

*Médias seguidas pela mesma letra em coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5% de significância.
 Fonte: Autores (2023).

A partir da Tabela acima, pode ser observado que houve diferença significativa entre os tratamentos. Na pesquisa realizada por Akbar et al. (2012), descobriram que o inseticida Chlorpyrifos apresentou sempre alta taxa de inibição do crescimento do fungo. Conforme os resultados obtidos por Nawaz et al. (2022), que estudaram a compatibilidade do *B. bassiana* na cultura do algodão, observaram que os inseticidas possuem potencialidade de afetar diversos estágios do crescimento do fungo. Segundo os autores, o fator mais importante no estudo de compatibilidade de pesticidas-fungo é o efeito de pesticidas sobre a germinação de conídios deste fungo. Os inseticidas causaram diversos níveis de inibição no crescimento e na esporulação do *B. bassiana*. Este fato pode ser relacionado às moléculas compostas desses inseticidas que participam no bloqueio das funções metabólicas dos conídios (Freitas et al., 2011; Rashid et al., 2010).

De acordo com Khun et al. (2020) que testaram a compatibilidade de fungos *B. bassiana* e *Metarhizium anisopliae* com inseticidas e fungicidas, observaram que houve diferença entre o tratamento controle e outros. De acordo com Velevan et al. (2022) que estudaram a compatibilidade do fungo *Beauveria bassiana* com pesticidas Chlorpyrifos, lufenoron, profenofos e metalaxyl + mancozeb e verificaram a redução da esporulação de conídios. Resultados semelhantes foram encontrados por Kassab et al. (2022) afirmaram que pesticidas afetaram a produção de esporos do fungo.

O efeito dos pesticidas na esporulação do fungo pode ser diferente devido à natureza química dos produtos e a espécie do fungo (Dhaneshwar et al., 2022; Khun et al., 2020). Provavelmente, o mesmo mecanismo de inibição pode ser responsável da redução do crescimento micelial e da esporulação observado nesta pesquisa. De forma geral, os pesticidas testados nesta pesquisa foram compatíveis com o fungo *B. bassiana*, exceto Chlorpyrifos 20% EC, Hexaconazole 5% SC, Propiconazole 25 % EC. A combinação de pesticidas com *B. bassiana* pode melhorar o controle de pragas, reduzindo a quantidade de inseticidas e minimizando os riscos ambientais e de resistência das pragas. Além disso, os resultados desta pesquisa ajudariam os produtores a escolher produtos mais compatíveis no desenvolvimento de estratégias para o manejo integrado de pragas em agricultura. Estes resultados incitam a uma pesquisa mais aprofundada *in vitro* para a comprovação dos resultados encontrados neste trabalho.

4. Conclusões

Os resultados indicam que o uso da combinação destes pesticidas com *B. bassiana* pode se tornar uma estratégia eficiente no manejo integrado de pragas e doenças em plantas. Os inseticidas são considerados altamente compatíveis com o fungo, apresentaram menor taxa de inibição. Devido à complexidade da interação entre microrganismos com pesticidas, trabalhos futuros devem ser realizados para aprofundar a compreensão dos mecanismos moleculares do crescimento de fungo.

Agradecimentos

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) e à Universidade Federal do Tocantins (UFT), Campus Gurupi.

Referências

- Akbar, S., Shoaib, F., Asifa, H., Hafiza, T. G., Muhammad, A., Muhammad, N. M., Muhammad, N., & Muhammad, B. K. (2012). Compatibility of *Metarhizium anisopliae* with different insecticides and fungicides. *African Journal of Microbiology Research*, 6(17), 3956-3962. <https://doi.org/10.5897/AJMR12.417>
- Almeida, J. E. M., Batista Filho, A., Lamas, C., Leite, L. G., Trama, M., & Sano, A. H. (2003). Avaliação da compatibilidade de defensivos agrícolas na conservação de microrganismos entomopatogênicos no manejo de pragas do cafeeiro. *Arq. Inst. Biol*, 70(1), 79-84.
- Baldin, E. L. L., Lourenção, A. L., & Schlick-Souza, E. C. (2014). Outbreaks of *Chrysodeixis includens* (Walker) (Lepidoptera: Noctuidae) in common bean and castor bean in São Paulo State, Brazil. *Bragantia*, 73(4), 458-46.
- Cabral, P. D. S., Soares, T. C. B., Lima, A. B. P., Soares, Y. J. B., & Silva, J. A. (2011). Análise de trilha do rendimento de grãos de feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L.) e seus componentes. *Revista Ciência Agronômica*, 42(1), 132-138.
- Dhaneshwar, B. P., Karmarkar, M. S., Gondhaleker, S. B. Borkar, P.G., Mahendale, S. K. & Kasture, M. C. (2022). Evaluating *in vitro* compatibility of pesticides with *Metarhizium anisopliae* (Metchnikoff) Sorokin and its pathogenicity against *Aphis craccivora* Koch. *Asian Journal of Agricultural Extension, Economics & Sociology*, 40(2), 1-13. <https://doi.org/10.3390/jof8030300>
- Espinosa, D. J. L., Cunha, N. A., Rivera, S. I., Ricardez, A. G. F., Carvalho, V. N., Silva, A. B., & Duarte, R. T. (2020). Compatibility between *Beauveria Bassina* and fungicides registered to bean crop (*Phaseolus vulgaris* L.). *Revista Brasileira Multidisciplinar*, 23(2), 180-187. <https://doi.org/10.25061/2527-2675/ReBraM/2020.v23i2.743>
- Ferreira, D. F. (2011). Sisvar: a computer statistical analysis system. *Ciência e Agrotecnologia*, 35(6), 1039-1042.
- Freitas, D., Damin, S., Vilani, A., Krasburg, C., Queiroz, J. A., Kagimura, F. Y., & Onofre, S. B. (2011). Ação de fungicidas sobre o crescimento do fungo *Metarhizium anisopliae*. *Revista de Saúde e Biologia*, 6(2), 50-56.
- Groth, M., Filho, R., Soares, V., & Bernardi, D. (2017). Pathogenicity of *Metarhizium anisopliae* isolates on *Nezara viridula* and *Dichelops melacanthus* in wheat crop. *Agricultural Entomology*, (84), 1-8. <https://doi.org/10.1590/1808-1657000032016>
- Joshi, M., Gaur, N., & Pandey, R. (2018). Compatibility of entomopathogenic fungi *Beauveria bassiana* and *Metarhizium anisopliae* with selective pesticides. *Journal of Entomology and Zoology Studies*, 6(4), 867-872.

- Joseph, L.A., Sousa, K. Â. O., Chagas Júnior, A. F., & Luc, F. (2022). Compatibility of fungicides with *Trichoderma asperelloides* and *Azospirillum brasiliense*. *Scientia Agraria Paranaensis*, 21(1) 30–35. <https://doi.org/10.18188/sap.v21i1.29155>
- Kassab, S. O., Loureiro, E. S., Rossini, C., Pereira, F. F. & Barbosa, R. H. (2022). Combinations of *Metarhizium anisopliae* with Chemical Insecticides and their Effectiveness in Mahanarva fimbriolata (Hemiptera: Cercopidae) Control on Sugarcane. *Florida Entomologist Society*, 97(1), 146-154. <https://doi.org/10.1653/024.097.0120>
- Khun, K. K., Ash, G. J., Stevens, M. M., Huwer, R. K., & Bree, A. L. W. (2020). Compatibility of *Metarhizium anisopliae* and *Beauveria bassiana* with insecticides and fungicides used in macadamia production in Australia. *Pest Management Science*, 77(2), 709-718. <https://doi.org/10.1002/ps.6065>
- Lutosa, D. C., Araújo, A. J. C., Campos, B. F., & Vieira, T. A. (2020). *Trichoderma sp.* and its effects on seeds physiological quality and seedlings development of African mahogany. *Brazilian Journal of Agricultural Science*, 15(1), 125-135. <http://doi.org/10.5039/agraria.v15i1a5843>
- Macías-Rodríguez, L., Contreras-Cornejo, H. A., Adame-Garnica, S. G., Del-Valb, E., & Larsen, J. (2020). The interactions of *Trichoderma* at multiple trophic levels: inter-kingdom communication. *Microbiological Research*, 240(12), 152-165. <http://doi.org/10.1016/j.micres.2020.126552>
- Maciel, R. M. A., Amaro, J. T., Colombo, F. C., Neves, P. M. O., & Bueno, A. F. (2022). Mixture compatibility of *Anticarsia gemmatalis* nucleopolyhedron virus with pesticides used in soybean. *Ciência Rural*, 52(2), 1-8. <http://doi.org/10.1590/0103-8478cr20210027>
- Moshi, D. A., Monteiro, A. C., & Barbosa, J. A. (2005). Action of pesticides to *Metarhizium anisopliae* in soil. *Neotropical Entomology*, 34(6), 961-971.
- Mubeen, N., Khalid, A., Ullah, M.I., Altaf, N., Arshad, M., Amin, L., Talat, Q., Sadaf, A., & Farwa, B. (2022). Effect of *Metarhizium anisopliae* on the nutritional physiology of the fall armyworm, *Spodoptera frugiperda* (J.E. Smith) (Lepidoptera: Noctuidae). *Egyptian Journal of Biological Pest Control*, 32(73), 1-5. <https://doi.org/10.1186/s41938-022-00573-z>
- Nawaz, A., Razaq, F., Razaq, A., Gogi, M. D., Fernández-Grandon, G. M., Tayib, M., Ayub, M. A., Sufyan, M., Shahid, M. R., Qayyum, M. A., Naveed, M., Ijaz, A., & Arif, M. J. (2022). Compatibility and synergistic interactions of fungi, *Metarhizium anisopliae*, and insecticide combinations against the cotton aphid, *Aphis gossypii* Glover (Hemiptera: Aphididae). *Scientific Reports*, 22 (48), 1-10. <https://doi.org/10.1038/s41598-022-08841-6>
- Nunes, T. V., Rodrigues, J. N., Pinto, I. O., Pimenta, R. S., Sarmento, M. I., Silva, R. S., Souza, P. G. C., de Souza, D. J., Joseph, L. A., de O. Souza, M. L., & Sarmento, R. A. (2023). Endophytic Development of the Entomopathogenic Fungus *Beauveria bassiana* Reduced the Development of Galls and Adult Emergence of *Leptocybe invasa* in Susceptible *Eucalyptus*. *Sustainability*, 15(23), 1-13. <https://doi.org/10.3390/su152316411>
- Patel, J. V., & Singh, A. (2020). Compatibility of *Trichoderma* spp. with fungicides and efficiency against *Rhizoctonia solani*. *International Journal of Chemical Studies*, 8(2), 2254-2257. <https://doi.org/10.22271/chemi.2020.v8.i2ah.9086>
- Rashid, M., Baghdadi, A., Sheikhi, A., Pourian, H. R., & Gazavi, M. (2010). Compatibility of *Metarhizium anisopliae* (ascomycota: Hypocreales) with several insecticides. *Journal of Plant Protection Research*, 50(1), 22-27. <https://doi.org/10.2478/v10045-010-0004-6>
- Samson, P. R., Milner, R. J., Sander, E. D., & Bullard, G. K. (2005). Effect of fungicides and insecticides applied during planting of sugarcane on viability of *Metarhizium anisopliae* and its efficacy against white grubs. *Journal of Biocontrol*, (50), 151–163.
- Saldanha, M. A., Walker, C., Quevedo, A. C., Pedron, L., Muniz, M. F. B., & Costa, E. C. (2022). Morphophysiological characterization of entomopathogenic fungi for the biological control of *Oncideres impluviata*. *Forest Science*, 32(2), 776-792. <https://doi.org/10.5902/1980509853272>
- Santos, S. B. S., Silva, T. F. B., Santos, A. C., Paiva, L. M., & Lima, E. A. L. A. (2009). Efeito fungitóxico do óleo de nim sobre *Metarhizium anisopliae* var. *acridum* e *Metarhizium anisopliae* var. *anisopliae*. *Revista Caatinga*, 22(2), 17-22.
- Smaniotta, L., Moura, N. F., Denardin, R. B. N., & Garcia, F. R. N. (2010). Bioatividade de *Cabralea canjerana* (Vell.) Mart. (Meliaceae) no controle de adultos de *Acanthoscelides obtectus* (Coleoptera, Bruchidae) em laboratório. *Revista Biotemas*, 23(2), 31-35.
- Thube, S. H., Pandian, R. T. P., Babu, M., Rajkumar, J., Mhatre, P. H., Kumar, P. S., Kumar, B. J. N., Hegde, V., & Chavan, S. N. (2022). Evaluation of a native isolate of *Metarhizium anisopliae* (Metschn.) Sorokin TMBMA1 against tea mosquito bug, *Helopeltis theivora* infesting cocoa (*Theobroma cacao* L.). *Biological control*, (170), 1-9. <https://doi.org/10.1016/j.biocontrol.2022.104909>
- Velevan, V., Dhanapal, R., Ramkumar, G., Karthi, S., Senthil-Nathan, S., Ndomba, O. A., & Kweka, E. (2022). Characterization and evaluation of *Metarhizium spp.* (Metsch.) sorokin isolates for their temperature tolerance. *Journal of Fungi*, 8(68), 1-17. <https://doi.org/10.3390/jof8010068>
- Vivekanandhan, P., Swathy, K., Murugan, A. C., & Krutmuang, P. (2022). Insecticidal efficacy of *Metarhizium anisopliae* derived chemical constituents against Disease-vector Mosquitoes. *Journal of fungi*, 8(30), 1-12. <https://doi.org/10.3390/jof8030300>