

UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ

NAIHANA SCHAFFER

UTILIZAÇÃO DE FUNGOS ENTOMOTATOGÊNICOS NO CONTROLE DE PRAGAS
DE GRÃOS ARMAZENADOS: UMA REVISÃO

CURITIBA

2023

NAIHANA SCHAFFER

UTILIZAÇÃO DE FUNGOS ENTOMOTATOGÊNICOS NO CONTROLE DE PRAGAS
DE GRÃOS ARMAZENADOS: UMA REVISÃO

Artigo apresentado ao curso de Pós-Graduação Lato Sensu em Fitossanidade, Setor de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná, como requisito parcial à obtenção do título de Especialista em Fitossanidade.

Orientador/Professor(a): Prof. Dr. Rafael Gomes Dionello

CURITIBA

2023

UTILIZAÇÃO DE FUNGOS ENTOMOTATOGÊNICOS NO CONTROLE DE PRAGAS DE GRÃOS ARMAZENADOS: UMA REVISÃO

Naihana Schaffer¹, Rafael Gomes Dlonello²

¹ Centro de Ciências Agrárias - Universidade Federal do Paraná. naihana@gmail.com; ² Faculdade de Agronomia. Departamento de Fitossanidade - Universidade Federal do Rio Grande do Sul
rafdionello@hotmail.com

RESUMO

O controle de insetos-pragas é comumente realizado utilizando-se inseticidas convencionais residuais, como os inseticidas dos grupos químicos piretróides e organofosforados. A tendência atual, é pela utilização de produtos biológicos na agricultura, isto desperta para o uso de fungos entomopatogênicos para o controle de insetos-praga em grãos armazenados. O objetivo dessa revisão bibliográfica foi de compilar estudos que abordam o uso de *Beauveria bassiana* e *Metarhizium anisopliae* em produtos comerciais formulados à base desses fungos e a segurança alimentar referentes ao uso destes produtos.

Palavras-chave: armazenamento de grãos 1., controle químico 2., controle biológico 3., *Beauveria bassiana* 4., *Metarhizium anisopliae* 5.

ABSTRACT

The control of insect pests is commonly carried out using conventional residual insecticides, such as insecticides from the pyrethroid and organophosphate chemical groups. The current trend is for the use of biological products in agriculture, this awakens to the use of entomopathogenic fungi to control insect pests in stored grains. The aim of this bibliographical review was to compile studies that address the use of *Beauveria bassiana* and *Metarhizium anisopliae* in commercial products based on these fungi and the food safety related to the use of these products.

Keywords: grain storage 1., chemical control 2., biological control 3., *Beauveria bassiana* 4., *Metarhizium anisopliae* 5.

1 INTRODUÇÃO

Atualmente nos deparamos com inúmeros trabalhos utilizando revisão sistemática de literatura para compilação de trabalhos relacionados a assuntos específicos. As pesquisas sobre um determinado assunto refletem o interesse por uma área específica no meio acadêmico e, conseqüentemente, no número de

publicação em periódicos. A bibliometria é uma ferramenta que permite a avaliação de trabalhos publicados, para preparar uma análise de conteúdo dos artigos. Assim, revisando os registros com mais detalhes, atribui-se quais, os artigos mais relevantes, publicados sobre uma determinada área de interesse. Esse trabalho objetivou efetuar uma revisão bibliográfica sobre o uso de fungos entomopatogênicos para controle de pragas de grãos armazenados.

2 REVISÃO DE LITERATURA

Os insetos praga causam perdas de pelo menos US\$ 70 bilhões em todo mundo (“FAO - News Article: Climate change fans spread of pests and threatens plants and crops, new FAO study”,). Essas perdas mostram a importância do uso de biopesticidas como alternativa sustentável para o controle de insetos. Devido à tendência no uso de produtos biológicos na agricultura, percebe-se que uma alternativa para o controle químico de pragas de grãos armazenados é o uso de fungos entomopatogênicos (BATTA; KAVALLIERATOS, 2017; WAKIL et al., 2022). Além disso, eles são capazes de se desenvolver nos insetos mortos, continuando a liberar mais inóculo ao sistema, sendo uma característica desejável no controle biológico em oposição à persistência residual de pesticidas químicos.

Utilizados como agente de controle biológico os fungos entomopatogênicos (FE) produzem esporos que podem aderir à cutícula de artrópodes, germinar, penetrar na cutícula e causar infecção (WANG; LOVETT; ST. LEGER, 2019). Os FE são considerados da classe dos biopesticidas microbianos, os quais são desenvolvidos a partir de fungos com ação inseticida (SENGUPTA; DICK, 2015; SENTHIL-NATHAN, 2015)

Uma análise rápida com uma consulta de pesquisa simples (KW=(stored-grain) AND (entomopathogenic) AND (fungi)) nos bancos de dados Web of Science (WOS) e Scopus consegue-se verificar, a partir das palavras chave, as mais frequentes apontam para trabalhos com ênfase em “fungos entomopatogênicos”, “*Beauveria bassiana*” e “*Metarhizium anisopliae*” Esses dois organismos, atualmente, são os mais utilizados para o controle de pragas, especialmente da ordem Coleoptera (BATTA, 2016; BATTA; KAVALLIERATOS, 2017). Dessa forma objetivou-se avaliar no formato de revisão bibliográfica os trabalhos publicados

recentemente sobre o uso de fungos entomopagênicos para controle de pragas de grãos armazenados.

3 METODOLOGIA

Para construir um conjunto de dados completo, usamos duas bases de dados bibliográficas; Scopus e Web of Science. O Scopus indexou um total de 53 trabalhos e o Web of Science, 48 trabalhos (até março de 2023). Foi efetuado o refinamento da pesquisa a partir da seleção das revistas e dos autores onde as palavras-chaves foram mais frequentes. Utilizou-se o software R para análise dos dados com pacote Bibliometrix (BIBLIOMETRIX, 2023). Na consulta dos produtos comerciais registrados no MAPA (Ministério da Agricultura do Brasil) consultou-se a base de dados Agrofit.

4 APRESENTAÇÃO DOS RESULTADOS

Dentre os termos pesquisados para a construção desse trabalho demonstraram que as espécies de fungos *Beauveria bassiana* e *Metarhizium anisopliae*, além do termo controle biológico, foram os termos mais frequentes entre os trabalhos pesquisados. A Figura 1, os termos “entomopathogenic fungi”, “beauveria bassiana” e “biological control”, foram os que mais prevaleceram em ambas as bases de dados.

Principais fungos entomopatogênicos

O primeiro fungo entomopatogênico foi descoberto e descrito por Agostino Bassi (1773-1856) em 1835, causando a doença da muscardina branca em insetos e mais tarde foi nomeado *Beauveria bassiana* (Balsamo) Vuillemin (Hypocreales, Cordycipitaceae) (REHNER; BUCKLEY, 2005). Alguns anos depois, Elias Metschnikoff (1845-1916) descobriu a muscardina verde, uma doença fúngica que ataca insetos, induzida por *Metarhizium anisopliae* Metschnikoff Sorokin (Hypocreales, Clavicipitaceae) (ANN; PAPIEROK; GLARE, 2010). Os gêneros *Metarhizium* (Família Clavicipitaceae) e *Beauveria* (Família Cordycipitaceae), seguidos dos gêneros *Cordyceps* (Família Cordycipitaceae), *Paecilomyces* (Família Trichocomaceae) e *Akanthomyces* (Família Cordycipitaceae) são os mais estudados e comercializadas para uso no controle biológicos (LITWIN; NOWAK; RÓŻALSKA, 2020).

***Beauveria* spp.**

Beauveria bassiana é a forma assexuada do fungo *Cordyceps bassiana*, que é a forma de reprodução sexuada. Consiste em várias espécies como *B. bassiana*, *B. amorpha*, *B. brongniartii* e *B. calendonica*, das quais *B. bassiana* é amplamente reconhecida como um patógeno de insetos. Causa a doença da muscardina branca em insetos como mosca branca, pulgões, tripes, gafanhotos e besouros (SINHA; CHOUDHARY; KUMARI, 2016). De acordo com um estudo recente, isolados de *B. bassiana* também foram eficazes contra pragas de grãos armazenadas do trigo, como *Rhyzopertha dominica*, *Sitophilus granarius*, *Tribolium castaneum* e *Trogoderma granarium* (WAKIL et al., 2021) (WAKIL et al., 2021).

***Metarhizium* spp.**

Metarhizium anisopliae é um fungo de solo bem estudado e distribuído no mundo desde o ártico até os trópicos (SENTHIL-NATHAN, 2015). É comumente referido como muscardina verde e tem uma gama de hospedeiros menor do que *Beauveria* spp. podendo infectar os insetos incluindo coleópteros (principalmente

família scarabidae), gorgulhos das raízes, moscas, tripes e mosquitos (SENTHILNATHAN, 2015; AZIZOGLU et al., 2020). Além desses já foi relatado sua eficiência contra *Helicoverpa armígera* (AGALE et al., 2017; SHANKER et al., 2023).

Uso de fungos enteropatogênicos na agricultura

O uso desses fungos entomopatogênicos é considerado uma tendência na agricultura, porém as questões mais comuns que são levantadas, são as preocupações com os riscos de segurança dos produtos biológicos, a base de fungos entomopatogênicos e seus metabólitos secundários (ESSIEDU; ADEPOJU; IVANTSOVA, 2020; SHARMA; SHARMA; YADAV, 2023). O uso de produtos biológicos oferecem vantagens em relação ao uso dos químicos, como por exemplo, nenhum resíduo tóxico, nenhuma toxicidade para o homem, preservação da biodiversidade e dos inimigos naturais de insetos invasores, preservação de polinizadores, além de reduzir as populações resistentes a moléculas químicas (ESSIEDU; ADEPOJU; IVANTSOVA, 2020; BAMISILE et al., 2021) (**Erro! Fonte de referência não encontrada.**).

Tabela 1 – Comparação entre vantagens e desvantagens de produtos químicos e biológicos no controle de pragas.

Defensivos químicos		Defensivos biológicos	
<u>Vantagens</u>	<u>Desvantagens</u>	<u>Vantagens</u>	<u>Desvantagens</u>
Ação rápida	Não específico do alvo	Alvo específico	Ação lenta
Atender à demanda do mercado global	Resíduos químicos em alimentos e meio ambiente	Sem resíduos químicos nos alimentos e no meio ambiente (pode ser usado na produção orgânica)	Não atender à demanda do mercado global (específico da região)
Sem suscetibilidade ao fator de estresse abiótico	Compostos químicos sintéticos	Compostos naturais	Suscetibilidade ao fator de estresse abiótico
Alta estabilidade	Perigoso para os trabalhadores (risco de envenenamento)	Seguro para os trabalhadores	Estabilidade efêmera
Padronização da produção	Redução no mercado global	Crescendo no mercado global	Padronização diferente da produção
-	Resistência a pragas	Sem resistência a pragas	-

Fonte: Adaptado de Ferreira e Soares (2023).

Os produtos à base de fungos já são comercializados em larga escala como produtos de controle biológico. Entretanto, o uso desses produtos apresenta alguns desafios a serem superados, como a suscetibilidade ao fator abiótico e a ação lenta em comparação aos químicos. Fatores como o tipo de formulação desses produtos e sobrevivência do inóculo nas formulações, interferem na efetividade da ação desses biopesticidas. Os principais constituintes dos biopesticidas baseados em fungos entomopatogênicos é o ingrediente ativo (conídios/espores secos e atenuados) juntamente com surfactantes, transportadores, protetores UV e adesivos. A qualidade do produto, depende principalmente, da viabilidade dos conídios (espores) (ISLAM et al., 2021). No Brasil há 189 produtos registrados, atualmente listados no MAPA, utilizando fungos entomopatogênicos. Destes, há fórmulas combinadas contendo os dois fungos, *Beauveria bassiana* e *Metarhizium anisopliae* com diferentes isolados (MAPA, 2023) (FIGURA 3). Porém nenhum desses produtos é recomendado para uso no controle de pragas de grãos armazenados.

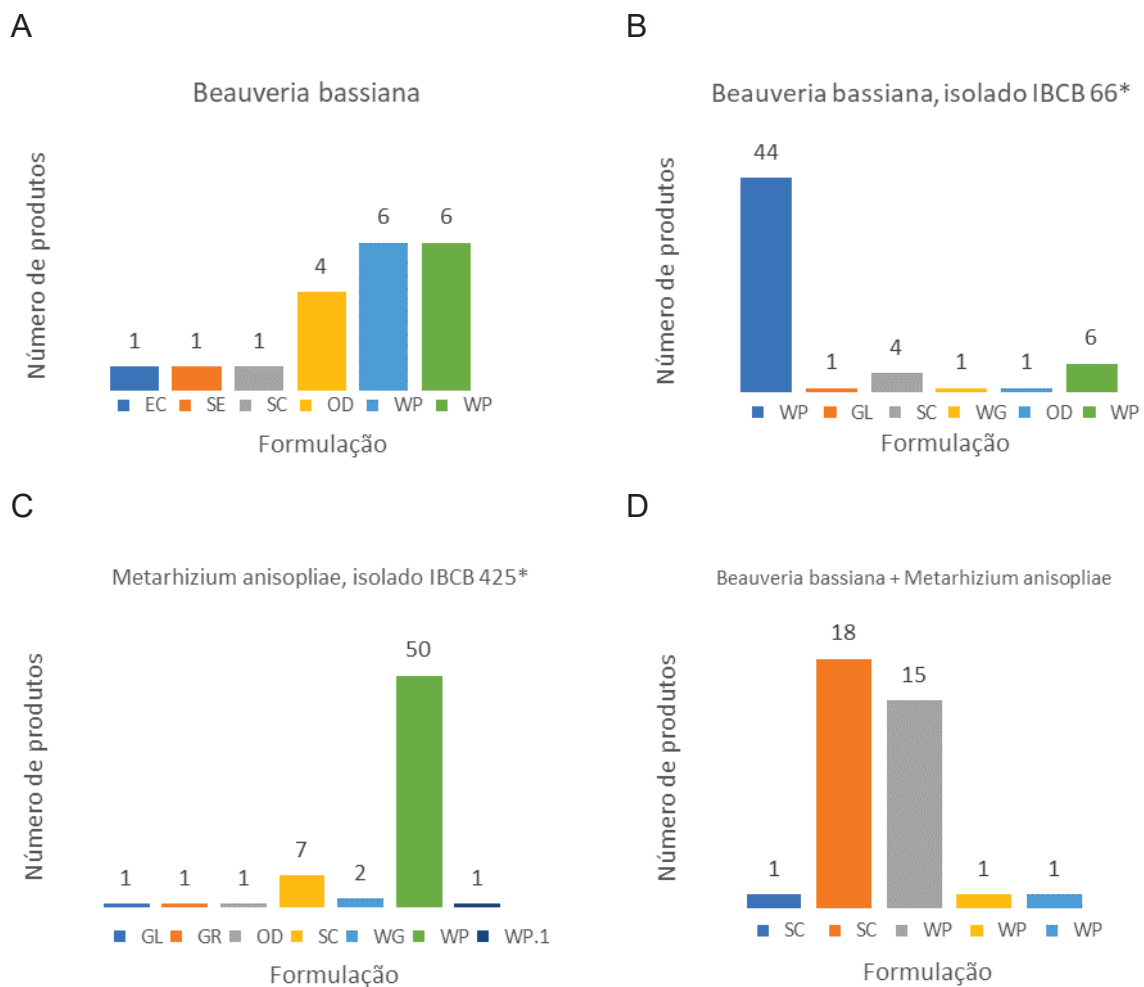


Figura 3 - Número de produtos registrados a base *Beauveria bassiana* e *Metharhizium anisopliae* nas formulações: GL - Gel Emulsionável, GR – Granulado, OD - Dispersão de óleo ou Suspensão Concentrada em óleo, SC - Suspensão Concentrada, WG - Grânulos Dispersíveis em Água, WP - Pó Molhável EC - Concentrado Emulsionável. **A)** Produtos à base de *Beauveria bassiana*; **B)** *Beauveria bassiana*, isolado IBCB 66*; **C)** *Metarhizium anisopliae*, isolado IBCB 425*; **D)** SC (*B. bassiana* IBCB 66* + *M. anisopliae*), SC (*B. bassiana* IBCB 66* + *M. anisopliae* IBCB 425*), WP (*B. bassiana* IBCB 66* + *M. anisopliae* IBCB 425*), WP (*B. bassiana* + *M. anisopliae* IBCB 425*), WP (*B. bassiana* IBCB 66* + *M. anisopliae* IBCB 425*).

Uso de fungos entomopatogênicos em pragas de grãos armazenados

O uso de produtos à base de fungos entomopatogênicos no controle de pragas de grãos armazenados como, por exemplo, *Rhyzopertha dominica*, *Sitophilus oryzae*, *Sitophilus zeamais*, existe somente na literatura. Esses estudos que abordam o uso de isolados desses fungos entomopatogênicos e não, necessariamente, do uso de produtos comerciais registrados com aplicação protetora diretamente sobre os grãos, simulando as aplicações realizadas nas unidades de armazenamento de grãos e sementes (MANTZOUKAS et al., 2020; BAMISILE et al., 2021). Segundo Mantzoukas et al., (2020) uso de fungos entomopatogênicos pode trazer benefícios para o meio ambiente e proteção de grãos armazenados. Após a morte do inseto, o inóculo continua a ser renovado, pois o inseto morto ainda esporula agentes infecciosos. Nesse mesmo trabalho, os autores, sugerem que as diferenças na eficácia dos fungos entomopatogênicos são dependentes, tanto dos isolados, quanto do tipo de grão.

Nesse sentido, salienta-se que a aplicação de produtos formulados à base de fungos entomopatogênicos pode ser uma alternativa ao controle químico no MIP de grãos armazenados. O uso isolado ou em conjunto com químicos é uma alternativa já relatada na literatura. Na avaliação de dois produtos comerciais (Boveril® e Metarril®) da empresa Kopertt, Pimentel e Ferreira (2012), verificaram o tempo de exposição e a concentração de inóculo para o controle de *S. zeamais*, na aplicação direta em grãos de milho para controle dessa praga. Independente do produto e da concentração, a mortalidade aumentou com o período de exposição. Para o Metarril as concentrações de 125 ml L⁻¹ e 200 ml L⁻¹, provocaram, 85 e 83% de mortalidade, respectivamente. Já para o Boveril, as concentrações que

apresentaram maior mortalidade foram 4,0 g L⁻¹ e 5,0 g L⁻¹, com mortalidade média de 85,0 e 98,3%, respectivamente. Em ambos os produtos essas mortalidades foram atingidas aos dez dias após a aplicação. Na mesma linha, outro estudo que utilizou o Boveril Wp PI 63 apresentou mortalidade média abaixo de 20%, apresentando baixa eficiência no controle do caruncho-do-milho, *S. zeamais* não houve incremento ou decréscimo na mortalidade com o aumento do tempo de exposição (PIMENTEL et al., 2019). Em um recente estudo testou-se a aplicação de *Beauveria bassiana* (Hypocreales: Cordycipitaceae) isoladamente e em combinação com fipronil em duas doses contra as principais pragas de grãos armazenados (*Tribolium castaneum*, *Rhyzopertha dominica*, *Sitophilus granarius* e *Trogoderma granarium*) em condições de laboratório e campo. Os resultados demonstraram que o uso de *B. bassiana* combinada com fipronil foi eficaz no controle, durante um período de 6 meses em condição de laboratório e 180 dias em condições de campo (WAKIL et al., 2022).

Segurança alimentar no uso de fungos enteropatogênicos em grãos armazenados

Existem mais de trinta micotoxinas produzidas por entomopatógenos fúngicos. Porém, é pouco provável que essas micotoxinas produzidas, possam entrar na cadeia alimentar (HU; LI; ZHANG, 2016). Esses microrganismos são onipresentes na natureza sendo seguros para o meio ambiente e de baixa toxicidade para mamíferos (ZIMMERMANN, 2007a, 2007b). Alguns trabalhos relatam as questões de segurança alimentar, relacionadas ao uso *Beauveria* spp. e *Metarhizium* spp. para o controle de pragas de grãos armazenados (ZIMMERMANN, 2007a) abordou as propriedades biológicas e os potenciais efeitos colaterais sobre organismos não-alvo, como predadores, parasitoides, polinizadores, artrópodes e vertebrados (aves, peixes, anfíbios e répteis) e também o impacto na saúde humana, concluindo que tanto *B. bassiana*, quanto *B. brongniartii*, são relativamente seguras para uso. Em outro estudo avaliou-se o efeito de *Beauveria* sp. no comportamento e histologia de frangos que foram alimentados com ração que continha esse fungo. Não sendo verificadas lesões no tecido, nem a presença de estruturas de sobrevivência do fungo (HAAS-COSTA; ALVES; DAROS, 2010).

Ao contrário de *B. bassiana*, *M. anisopliae* mostrou patogenicidade contra inimigos naturais de insetos-praga, como o crisopídeo verde (*Chrysoperla carnea*) e o percevejo (*Dicyphus tamaninii*) (THUNGRABEAB, 2014). Nesse mesmo estudo os autores enfatizaram que a coevolução entre hospedeiros e patógenos poderia explicar a baixa mortalidade (abaixo de 20%) causada por *M. anisopliae*. No caso de segurança para o uso, em pragas no geral e, principalmente, em grãos armazenados, cabe salientar que se deve evitar o contato direto do conídio com a pele e sua inalação quando aplicado, pois pode levar a alergias em animais, inclusive humanos (WARD et al., 2011).

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A tendência mundial é a utilização de alternativas, para o controle de pragas ou mesmo, o uso em conjunto com os controles químicos. Mais do que nunca o uso do controle biológico em conjunto com o químico, levará ao uso racional de insumos e há uma agricultura sustentável. Para que isso ocorra, se faz necessário um esforço conjunto de empresas e instituições de pesquisa para que o uso desses FE, já em formulações comerciais, sejam testados e sirvam de subsídios para a liberação para a recomendação e uso em grãos armazenados. Esses testes devem ser realizados, não somente no controle de *Rhyzopertha dominica*, *Sitophilus oryzae*, *Sitophilus zeamais*, mas também, de outros insetos-praga de grãos armazenados, com o mesmo grau de importância. A maior preocupação está na produção de micotoxinas por esses FE que, dependendo das condições ambientais, serão produzidas por eles. Porém, cabe salientar que há trabalhos na literatura que já pontuam que esses metabolitos produzidos pelos FE não são prejudiciais a saúde humana. Ou seja, mais um motivo para ampliarmos o uso destes organismos como alternativa para o controle de pragas de grãos armazenados.

REFERÊNCIAS

AGALE, S. V. et al. Efficacy of some selected biopesticides against *Helicoverpa armigera* (Hub.) using detached leaf bioassay in chickpea. *Journal of Biopesticides*, v. 10, n. 2, p. 99–104, 2017.

ANN, G. Z.; PAPIEROK, B.; GLARE, T. Elias Metschnikoff, Elie Metchnikoff or Ilya Ilich Mechnikov (1845-1916): A Pioneer in Insect Pathology, the First Describer of the Entomopathogenic Fungus *Metarhizium anisopliae* and How to Translate a Russian Name. <https://doi.org/10.1080/09583159550039701>, v. 5, n. 4, p. 527–530, 1 dez. 2010. Disponível em: <<https://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/09583159550039701>>. Acesso em: 9 jul. 2023.

AZIZOGLU, U. et al. Genetically modified entomopathogenic bacteria, recent developments, benefits and impacts: A review. *Science of The Total Environment*, v. 734, p. 139169, 10 set. 2020.

BAMISILE, B. S. et al. Model Application of Entomopathogenic Fungi as Alternatives to Chemical Pesticides: Prospects, Challenges, and Insights for Next-Generation Sustainable Agriculture. *Frontiers in Plant Science*, v. 12, p. 741804, 30 set. 2021.

BATTA, Y. A. Recent advances in formulation and application of entomopathogenic fungi for biocontrol of stored-grain insects. <http://dx.doi.org/10.1080/09583157.2016.1201458>, v. 26, n. 9, p. 1171–1183, 1 set. 2016. Disponível em: <<https://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/09583157.2016.1201458>>. Acesso em: 9 jul. 2023.

BATTA, Y. A.; KAVALLIERATOS, N. G. The use of entomopathogenic fungi for the control of stored-grain insects. <https://doi.org/10.1080/09670874.2017.1329565>, v. 64, n. 1, p. 77–87, 2017. Disponível em: <<https://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/09670874.2017.1329565>>. Acesso em: 9 jul. 2023.

BIBLIOMETRIX. *Package ‘bibliometrix’ R topics documented*: [s.l.: s.n.]

ESSIEDU, J. A.; ADEPOJU, F. O.; IVANTSOVA, M. N. Benefits and limitations in using biopesticides: A review. *AIP Conference Proceedings*, v. 2313, n. 1, 9 dez. 2020. Disponível em: <[aip/acp/article/2313/1/080002/963419/Benefits-and-limitations-in-using-biopesticides-A](https://aip.acp/article/2313/1/080002/963419/Benefits-and-limitations-in-using-biopesticides-A)>. Acesso em: 9 jul. 2023.

FAO - News Article: *Climate change fans spread of pests and threatens plants and crops, new FAO study*. Disponível em: <<https://www.fao.org/news/story/en/item/1402920/icode/>>. Acesso em: 9 jul. 2023.

FERREIRA, J. M.; SOARES, F. E. de F. Entomopathogenic fungi hydrolytic enzymes: A new approach to biocontrol? *Journal of Natural Pesticide Research*, v. 3, p. 100020, 1 mar. 2023.

HAAS-COSTA, J.; ALVES, L. F. A.; DAROS, A. A. Safety of *Beauveria bassiana* (Bals.) Vuill. to *Gallus domesticus* L. *Brazilian Archives of Biology and Technology*, v. 53, n. 2, p. 465–471, mar. 2010. Disponível em: <<https://www.scielo.br/j/babt/a/FVPtQRM8YsCL9rCMRrrJLjC/?lang=en>>. Acesso em: 9 jul. 2023.

HU, Q.; LI, F.; ZHANG, Y. Risks of mycotoxins from mycoinsecticides to humans. *BioMed Research International*, v. 2016, 2016.

ISLAM, W. et al. *Insect-fungal-interactions: A detailed review on entomopathogenic fungi pathogenicity to combat insect pests* Microbial Pathogenesis Academic Press, , 1 out. 2021. .

LITWIN, A.; NOWAK, M.; RÓŻALSKA, S. Entomopathogenic fungi: unconventional applications. *Reviews in Environmental Science and Bio/Technology* 2020 19:1, v. 19, n. 1, p. 23–42, 10 fev. 2020. Disponível em: <<https://link.springer.com/article/10.1007/s11157-020-09525-1>>. Acesso em: 9 jul. 2023.

MANTZOUKAS, S. et al. The Effect of Grain Type on Virulence of Entomopathogenic Fungi Against Stored Product Pests. *Applied Sciences* 2020, Vol. 10, Page 2970, v. 10, n. 8, p. 2970, 24 abr. 2020. Disponível em: <<https://www.mdpi.com/2076-3417/10/8/2970/htm>>. Acesso em: 9 jul. 2023.

MAPA. Agrofit. Disponível em: <https://agrofit.agricultura.gov.br/agrofit_cons/principal_agrofit_cons>.

PIMENTEL, M. A. G. et al. Eficiência de Inseticidas Alternativos para Controle do Caruncho-do-milho. p. 19, 2019. Disponível em: <<https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/198694/1/bol-186.pdf>>.

PIMENTEL, M. A. G.; FERREIRA, E. G. Toxicity of products formulated with entomopathogenic fungi on the maize weevil. *Revista Brasileira de Milho e Sorgo*, v. 11, n. 2, p. 209–215, 2012.

REHNER, S. A.; BUCKLEY, E. A *Beauveria* phylogeny inferred from nuclear ITS and EF1-alpha sequences: evidence for cryptic diversification and links to *Cordyceps* teleomorphs. *Mycologia*, v. 97, n. 1, p. 84–98, 1 jan. 2005. Disponível em: <<https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/16389960/>>. Acesso em: 9 jul. 2023.

SENGUPTA, A.; DICK, W. A. Bacterial Community Diversity in Soil Under two Tillage Practices as Determined by Pyrosequencing. *Microbial Ecology*, v. 70, n. 3, p. 853–859, 2015.

SENTHIL-NATHAN, S. A review of biopesticides and their mode of action against insect pests. In: *Environmental Sustainability: Role of Green Technologies*. [s.l.] Springer India, 2015. p. 49–64.

SHANKER, R. et al. Isolation, molecular characterization of indigenous *Metarhizium anisopliae* (Metchnikoff) isolate, using ITS-5.8s rDNA region, and its efficacy against the *Helicoverpa armigera* (Hubner) (Lepidoptera: Noctuidae). *Egyptian Journal of Biological Pest Control*, v. 33, n. 1, p. 1–8, 1 dez. 2023. Disponível em: <<https://ejbpc.springeropen.com/articles/10.1186/s41938-023-00670-7>>. Acesso em: 9 jul. 2023.

SHARMA, A.; SHARMA, S.; YADAV, P. K. Entomopathogenic fungi and their relevance in sustainable agriculture: A review. <http://www.editorialmanager.com/cogentagri>, v. 9, n. 1, 2023. Disponível em: <<https://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/23311932.2023.2180857>>. Acesso em: 9 jul. 2023.

SINHA, K. K.; CHOUDHARY, A. K.; KUMARI, P. Entomopathogenic Fungi. In: *Ecofriendly Pest Management for Food Security*. [s.l.] Academic Press, 2016. p. 475–505.

THUNGRABEAB, M. « Effect of Entomopathogenic Fungi , *Beauveria bassiana* (Balsam) and *Metarhizium anisopliae* (Metsch) on non Target Insects » EFFECT OF ENTOMOPATHOGENIC FUNGI , *Beauveria bassiana* (BALSAM) AND *Metarhizium anisopliae* (METSCH) ON NON TARGET INSECTS. n. January 2007, 2014. Disponível em: <<https://li01.tci-thaijo.org/index.php/cast/article/view/86784/68732>>. Acesso em: 9 jul. 2023.

WAKIL, W. et al. Efficacy of different entomopathogenic fungal isolates against four key stored-grain beetle species. *Journal of Stored Products Research*, v. 93, p. 101845, 1 set. 2021.

WAKIL, W. et al. Laboratory and field studies on the combined application of *Beauveria bassiana* and fipronil against four major stored-product coleopteran insect pests. *Environmental Science and Pollution Research*, v. 29, n. 23, p. 34912–34929, 1 maio 2022. Disponível em: <<https://link.springer.com/article/10.1007/s11356-021-17527-x>>. Acesso em: 9 jul. 2023.

WANG, J.; LOVETT, B.; ST. LEGER, R. J. The secretome and chemistry of *Metarhizium*; a genus of entomopathogenic fungi. *Fungal Ecology*, v. 38, p. 7–11, 1 abr. 2019.

WARD, M. D. W. et al. Allergic responses induced by a fungal biopesticide *metarhizium anisopliae* and house dust mite are compared in a mouse model. *Journal of Toxicology*, v. 2011, 2011.

ZIMMERMANN, G. *Review on safety of the entomopathogenic fungi Beauveria bassiana and Beauveria brongniartii* *Biocontrol Science and Technology*, 2007a. .

ZIMMERMANN, G. Review on safety of the entomopathogenic fungus *Metarhizium anisopliae*. <http://dx.doi.org/10.1080/09583150701593963>, v. 17, n. 9, p. 879–920, 2007b. Disponível em: <<https://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/09583150701593963>>. Acesso em: 9 jul. 2023.