



Potencial do fungo *Beauveria bassiana* no controle do ácaro-da-necrose *Aceria guerreronis* (Acari: Eriophyidae)

Potential of the fungus *Beauveria bassiana* to control the coconut mite *Aceria guerreronis* (Acari: Eriophyidae)

S. F. Santana¹; F. J. Santos²; A. P. Farias³; A. V. Teodoro^{1,2*}

¹Programa de Pós-Graduação em Agricultura e Biodiversidade, Universidade Federal de Sergipe, Av. Marcelo Déda Chagas, s/n - Rosa Elze, 49100-000, São Cristóvão - Sergipe, Brasil

²Embrapa Tabuleiros Costeiros, Av. Beira mar 3250, 49010-000, Aracaju - Sergipe, Brasil

³ESALQ - USP, Av. Pádua Dias, 11, 13418-900, Piracicaba - São Paulo, Brasil

*adenir.teodoro@embrapa.br

(Recebido em 06 de abril de 2023; aceito em 07 de agosto de 2023)

O ácaro-da-necrose, *Aceria guerreronis* Keifer (Acari: Eriophyidae), é a principal praga do coqueiro no Brasil. O controle químico com acaricidas é amplamente utilizado para controlar essa praga. Frente aos diversos problemas sociais, econômicos e ambientais ocasionados pelo uso indiscriminado de acaricidas, são necessárias alternativas ambientalmente viáveis para o controle dessa praga como o uso de fungos entomopatogênicos. Assim, este trabalho objetivou estimar a letalidade do fungo *Beauveria bassiana* (Bals.) Vuill. (Hypocreales: Cordycipitaceae) a *A. guerreronis* e avaliar a seletividade do óleo de nim, óleo mineral e da calda sulfocálcica no crescimento micelial do fungo *in vitro*. Esses óleos e a calda são defensivos alternativos usados no controle de pragas do coqueiro, no entanto não se conhece seus possíveis efeitos deletérios sobre *B. bassiana*. Seis concentrações crescentes do fungo foram pulverizadas em arenas contendo *A. guerreronis* para estimar as concentrações letais (CL). Posteriormente, os óleos de nim, mineral e a calda sulfocálcica foram pipetados em placas de Petri para determinar a sua seletividade ao fungo. A concentração letal média (CL₅₀) estimada de *B. bassiana* foi de $1,31 \times 10^5$ conídios/mL e a CL₈₀ foi de $2,04 \times 10^6$ conídios/mL. O óleo mineral foi seletivo a *B. bassiana*, enquanto a calda sulfocálcica não é compatível com este fungo. Assim, conclui-se que o fungo *B. bassiana* apresenta potencial de controle de *A. guerreronis*, bem como o óleo mineral pode ser empregado no manejo de pragas na cultura do coqueiro sem que interfira significativamente no crescimento micelial do fungo, e possivelmente em sua eficiência no controle do ácaro.

Palavras-chave: bioinseticida, controle biológico, fungo entomopatogênico.

The coconut mite, *Aceria guerreronis* Keifer (Acari: Eriophyidae), is the main pest of coconut plantations in Brazil. Chemical control with acaricides is widely used to control this pest. Faced with the various social, economic, and environmental problems caused by acaricide overuse, there is a need for environmentally viable alternatives for controlling this pest, such as entomopathogenic fungi. Therefore, this study aimed to estimate the lethality of the fungus *Beauveria bassiana* (Bals.) Vuill. (Hypocreales: Cordycipitaceae) to *A. guerreronis* and to evaluate the selectivity of neem oil, mineral oil, and lime sulfur on *in vitro* mycelial growth of the fungus. These oils and the lime sulfur are alternative pesticides used in the control of coconut pests, however their side effects on *B. bassiana* are yet to be determined. Six increasing concentrations of the fungus were sprayed in arenas with *A. guerreronis* to estimate the lethal concentrations (LC). Subsequently, the neem and mineral oils, and lime sulfur were pipetted in Petri dishes to determine their selectivity to the fungus. The estimated mean lethal concentration (LC₅₀) of *B. bassiana* was 1.31×10^5 conidia/mL while the LC₈₀ was 2.04×10^6 conidia/mL. The mineral oil was considered selective for *B. bassiana* while the lime sulfur is not compatible with this fungus. In conclusion, *B. bassiana* has the potential to control *A. guerreronis* as well as the mineral oil can be used in the management of coconut pests without significantly impairing micelial growth of the fungus, and possibly not affecting its efficiency in the control of the pest mite.

Keywords: bioinsecticide, biological control, entomopathogenic fungus.

1. INTRODUÇÃO

O coqueiro, *Cocos nucifera* L. (Arecaceae), é uma das espécies cultivadas de maior valor comercial do mundo, tendo seus subprodutos utilizados em cerca de 90 países, sendo que o Brasil ocupa o quinto lugar na produção mundial [1, 2].

O ácaro-da-necrose, *Aceria guerreronis* Keifer (Acari: Eriophyidae), é considerado a principal praga da cultura no Brasil, causando perdas expressivas em coqueirais do nordeste brasileiro, principal região de cultivo no País [3, 4]. Os danos causados pelo ácaro-da-necrose aos frutos do coqueiro caracterizam-se por lesões branco-amareladas triangulares na epiderme próxima às brácteas que evoluem para fendas necróticas longitudinais, acarretando em perdas significativas devido à redução no tamanho do fruto, peso e volume de água, e redução do valor comercial [3-6]. Atualmente, o controle químico com acaricidas é amplamente utilizado no manejo do ácaro-da-necrose, o que leva a efeitos indesejados como a redução de populações de inimigos naturais e entomopatógenos presentes nos agroecossistemas, contaminação da água, solo, frutos e pessoas, além de propiciar a seleção de ácaros resistentes a esses produtos [7, 8].

O fungo *Beauveria bassiana* (Bals.)Vuill. (Hypocreales: Cordycipitaceae) ocorre naturalmente em agroecossistemas, reduzindo densidades populacionais de insetos e ácaros fitófagos. Este fungo é considerado um importante agente regulador em programas de manejo integrado de pragas (MIP) [9-11] e apresenta potencial de controle de diversos ácaros fitófagos [11-16]. No cultivo do coqueiro, alguns defensivos alternativos como os óleos de nim e mineral e a calda sulfocálcica vêm sendo preconizados no controle do ácaro-da-necrose e de outros artrópodes fitófagos por sua eficiência e baixa toxicidade em comparação aos acaricidas sintéticos. No entanto, não se conhece seus possíveis efeitos deletérios sobre fungos benéficos como *B. bassiana*. Assim, é necessário o desenvolvimento de alternativas ecológicas como a utilização do fungo *B. bassiana*, por meio de pulverizações isoladas ou intercaladas com defensivos alternativos usados na cultura para o manejo adequado de *A. guerreronis*. Com base no exposto, o objetivo do presente trabalho foi avaliar o potencial de *B. bassiana* no controle de *A. guerreronis* e a seletividade dos óleos de nim e mineral e da calda sulfocálcica no crescimento micelial do fungo *in vitro*, visando o manejo integrado desta importante praga do coqueiro.

2. MATERIAL E MÉTODOS

2.1 Coleta de *A. guerreronis* e cepa de *B. bassiana*

Frutos de coqueiro infestados com o ácaro-da-necrose *A. guerreronis* foram coletados em plantas da Embrapa Tabuleiros Costeiros, em Aracaju, Sergipe, Brasil. Colônias de ácaros foram isoladas para utilização nos experimentos de letalidade por *B. bassiana*. A cepa Bb 032 de *B. bassiana* utilizada neste experimento foi escolhida por sua alta patogenicidade ao ácaro-vermelho-das-palmeiras *Raoiella indica* Hirst (Acari: Tenuipalpidae), uma importante praga do coqueiro no Brasil [17]. Esta cepa pertence à Embrapa Tabuleiros Costeiros e está depositada no banco de microrganismos da Embrapa Recursos Genéticos e Biotecnologia. A cepa foi isolada em 1991 por meio da extrusão de hifas do exoesqueleto de adultos da broca-do-coqueiro *Rhynchophorus palmarum* L. (Coleoptera: Curculionidae) coletados em coqueirais de Sergipe.

2.2 Reativação da virulência da cepa de *B. bassiana* e preparação de suspensão de conídios

Para a reativação da virulência da cepa *B. bassiana* Bb 032, uma suspensão fúngica de 1×10^8 conídios/mL foi aplicada por meio de torre de Potter em brácteas de frutos colonizadas por *A. guerreronis*, conforme metodologia adaptada [17]. As brácteas foram mantidas em câmara climatizada do tipo B.O.D. a $25 \pm 1^\circ\text{C}$, umidade relativa de $70 \pm 10\%$ e fotofase de 12 horas. Ácaros mortos foram transferidos para câmara úmida para a extrusão de hifas dos cadáveres. Após a reativação da virulência, a cepa foi inoculada em placas de Petri (9 cm de diâmetro) contendo meio de batata-dextrose-ágar (BDA). As placas foram incubadas em câmara climatizada,

conforme condições descritas anteriormente, por 12 dias para conidiogênese. Para o preparo das suspensões, os esporos foram raspados das placas de Petri com auxílio de uma espátula de ferro previamente flambada e, em seguida, transferidos para tubos de ensaio para as diluições sucessivas para contagem e quantificação de esporos em câmara de Neubauer. A viabilidade do fungo foi de 92%.

2.3 Determinação das concentrações letais (CL) de *B. bassiana*

As concentrações letais (CL) do fungo *B. bassiana* a adultos do ácaro-da-necrose *A. guerreronis* foram determinadas com cinco concentrações fúngicas crescentes além do controle: $6,5 \times 10^2$, $6,5 \times 10^3$, $6,5 \times 10^4$, $6,5 \times 10^5$ e $6,5 \times 10^6$ conídios/mL. As concentrações utilizadas situam-se entre os limites inferior (0%) e superior (100%) de mortalidade a *A. guerreronis*, de acordo com bioensaio preliminar [17].

As suspensões foram aplicadas por meio de uma torre de Potter a uma pressão de 34 Kpa, usando uma alíquota de 1,7 mL em arenas de perianto de frutos de coqueiro (disco de 2 cm de diâmetro). Arenas do tratamento controle foram pulverizadas com água destilada. As arenas foram expostas ao ambiente por 30 minutos para secagem e posteriormente receberam 20 adultos de *A. guerreronis*. As placas foram armazenadas em câmara climatizada nas mesmas condições descritas anteriormente. O delineamento experimental foi inteiramente casualizado e para cada tratamento foi utilizado doze repetições (arenas), com 20 adultos de *A. guerreronis* (total de 120 ácaros por tratamento). A mortalidade dos ácaros foi avaliada após 24 horas com auxílio de um microscópio estereoscópico. Foram considerados mortos pelo fungo quando os ácaros se encontravam mumificados. Os cadáveres foram submetidos à câmara úmida para a extrusão de hifas e confirmação de mortalidade pelo fungo. Os dados de mortalidade foram submetidos à análise de Probit por intermédio do procedimento PROC PROBIT do programa SAS.

2.4 Seletividade de óleos vegetais e calda sulfocálcica

Os defensivos alternativos utilizados foram o óleo de nim (Original Nim, Base Fértil, composto por 0,12% p/p de azadiractina, nas concentrações $CL_{50} = 0,6\%$ e $CL_{90} = 1,6\%$), óleo mineral (Agefix E8, Energis Brasil, composto por hidrocarbonetos parafínicos, nas concentrações $CL_{50} = 1,0\%$ e $CL_{90} = 2,0\%$) e a calda sulfocálcica líquida composta por mistura de enxofre e cal virgem na concentração de 0,3° Baumé. As concentrações utilizadas baseiam-se em estimativas de mortalidade desses óleos e calda a outro ácaro da mesma família que *A. guerreronis*, o ácaro-da-falsa-ferrugem-dos-citros *Phyllocoptruta oleivora* (Ashmead) (Acari: Eriophyidae) (Santana, dados não publicados).

Placas de Petri (9cm de diâmetro) foram vertidas com 20 mL de BDA e após o processo de solidificação do meio em temperatura ambiente, os óleos de nim e mineral e a calda sulfocálcica foram pipetados (10 µl por placa) e espalhados com auxílio de alça de Drigalski com base na metodologia adaptada [18]. Após secagem das alíquotas, 3 µl de suspensões fúngicas a $6,0 \times 10^7$ conídios/mL foram inoculadas no centro de cada placa com auxílio de uma micropipeta. As placas foram incubadas em câmara climatizada nas mesmas condições descritas anteriormente. O crescimento micelial de *B. bassiana* foi medido com um paquímetro a partir de duas medições opostas da colônia fúngica, a cada dois dias (quatro avaliações em dez dias). O delineamento experimental utilizado foi o inteiramente casualizado, em que cada unidade experimental foi constituída de uma placa de Petri, com 10 repetições cada, totalizando 60 placas. Os dados foram submetidos à análise de variância (ANOVA) para medidas repetidas, seguidas pelo teste de Tukey HSD utilizando-se o programa Statistica 7.0.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

A concentração letal média estimada (CL_{50}) do fungo *B. bassiana* ao ácaro-da-necrose *A. guerreronis* foi de $1,31 \times 10^5$ conídios/mL e a CL_{80} de $2,04 \times 10^6$ conídios/mL (Tabela 1). A CL_{50} é a concentração média estimada capaz de matar 50% da população-alvo enquanto a CL_{80} indica uma possível concentração que poderia ser utilizada em condições de campo por causar mortalidade de 80% na população da praga. As concentrações estimadas demonstram a alta letalidade de *B. bassiana* a *A. guerreronis*, a principal praga do coqueiro no Brasil. Os conídios produzidos pelo fungo *B. bassiana* agem fixando-se na cutícula da praga-alvo enquanto a penetração das hifas se dá pela degradação da cutícula por intermédio de proteases, quitinases e lipases [10]. As hifas de *B. bassiana* se espalham pela hemocele da praga culminado na extrusão de hifas esbranqueadas no exoesqueleto, com posterior formação de novos conídios (Figura 1).

Tabela 1: Concentrações letais (CL) do fungo *Beauveria bassiana* a adultos do ácaro-da-necrose *Aceria guerreronis* ($n = 600$).

CL_{50} (90% IC)	CL_{80} (90% IC)	χ^2	p	gl
$1,31 \times 10^5$	$2,04 \times 10^6$	6,2	0,1022	3
$(8,91 \times 10^4 - 1,95 \times 10^5)$	$(1,22 \times 10^6 - 3,83 \times 10^6)$			



Figura 1: Extrusão de hifas dos corpos de adultos do ácaro-da-necrose *Aceria guerreronis* infectados pelo fungo *Beauveria bassiana*. Foto: Samuel Farias Santana (2022).

Quanto menor a CL, mais agressivo o entomopatógeno e menores serão os custos de produção massal. A cepa *B. bassiana* Bb 032 apresentou menores valores de CL em comparação a outros estudos. Por exemplo, em estudo de letalidade de *B. bassiana* a *P. oleivora*, Alves et al. (2005) [19] estimaram a CL_{50} em $4,23 \times 10^6$ conídios/mL, superior à estimada na presente pesquisa (Tabela 1). Adicionalmente, Lekimme et al. (2006) [12] mostraram que *B. bassiana* causou alta mortalidade ao ácaro *Psoroptes ovis* (Hering) (Acari: Psoroptidae) *in vitro*, com CL_{80} estimada em $4,26 \times 10^9$ conídios/mL, superior à CL_{80} estimada no presente trabalho. O fungo *B. bassiana* demonstra potencial de controle de ácaros fitófagos como o ácaro rajado *Tetranychus urticae* Koch (Acari: Tetranychidae) [13, 15, 20] e ácaros da mesma família que *A. guerreronis*, como *P. oleivora* [14, 19] e *Phyllocoptes gracilis* Nalepa (Acari: Eriophyidae) [16].

Os óleos de nim e mineral, aplicados em suas respectivas CL_{50} , não afetaram o crescimento de *B. bassiana* em comparação ao controle, enquanto a calda sulfocálcica a 0,3° Baumé reduziu o crescimento do fungo ($F_{3,35} = 79,06$; $p < 0,0001$; dados não apresentados). Considerando a interação entre os tratamentos e o tempo, os óleos de nim e mineral reduziram levemente o crescimento micelial do fungo em relação ao controle apenas na primeira avaliação, aos 2 dias após a pulverização, e não diferiram do controle nas demais avaliações. Já a calda sulfocálcica reduziu o crescimento de *B. bassiana* aos 2, 4, 6 e 8 dias após a pulverização ($F_{9,105} = 5,13$; $p < 0,0001$; Figura 2).

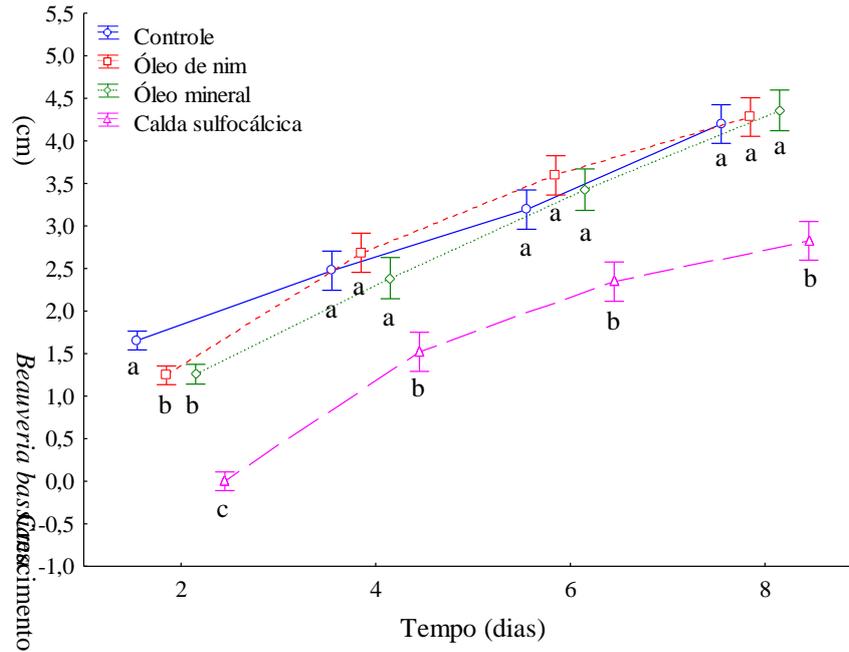


Figura 2: Crescimento micelial de *Beauveria bassiana* submetido à CL₅₀ dos óleos de nim, mineral e da calda sulfocálcica aos 2, 4, 6 e 8 dias após a pulverização.

Os óleos de nim e mineral, pulverizados em suas respectivas CL₉₀, reduziram medianamente o crescimento de *B. bassiana* em relação ao controle enquanto a calda sulfocálcica a 0,3° Baumé causou uma redução drástica no crescimento do fungo ($F_{3,35} = 42,90$; $p < 0,0001$; dados não apresentados). Considerando a interação entre os tratamentos e o tempo, de modo geral, a calda sulfocálcica foi a que mais afetou o crescimento de *B. bassiana*, seguida pelo óleo de nim. O óleo mineral afetou o crescimento fúngico em relação ao controle apenas na última avaliação, aos 8 dias da pulverização ($F_{9,105} = 8,69$; $p < 0,0001$; Figura 3).

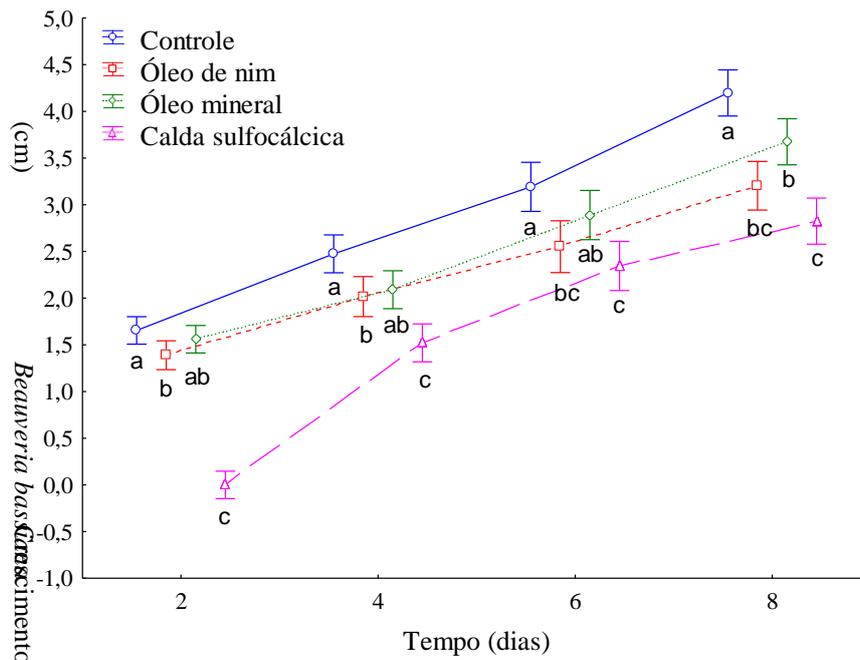


Figura 3: Crescimento micelial de *Beauveria bassiana* (cm) submetido à CL₉₀ dos óleos de nim, mineral e da calda sulfocálcica aos 2, 4, 6 e 8 dias após a pulverização.

As propriedades antifúngicas do óleo de nim são atribuídas aos compostos azadiractina, azadiradiona, nibin e salannin [21]. Dubey et al. (2009) [22] demonstraram toxicidade de nim ao fungo fitopatogênico *Macrophomina phaseolina* (Tassi) Goid enquanto Ribeiro et al. (2012) [23] e Kurniati et al. 2022 [24] indicaram a compatibilidade de nim com *B. bassiana*.

O óleo mineral, em geral, mostrou-se seletivo por afetar menos o crescimento do fungo em relação ao óleo de nim e a calda sulfocálcica. Akbar et al. (2005) [25] demonstraram sinergia com diminuição da CL₅₀ de *B. bassiana* ao besouro *Tribolium castaneum* (Herbst) (Coleoptera: Tenebrionidae) na presença de óleo mineral (CL₅₀ com o óleo mineral = 17,6 mg/mL, e CL₅₀ sem óleo mineral = 29,9 mg/mL).

A calda sulfocálcica foi a que mais interferiu negativamente no crescimento de *B. bassiana*. Portanto não deve ser usada próximo à aplicação do fungo. A ação fungicida da calda sulfocálcica foi registrada anteriormente ao agente causal da sarna da macieira, *Venturia inaequalis* (Cke.) Wint. [26]. A calda sulfocálcica, é formada por meio de uma reação balanceada entre o cálcio e o enxofre dissolvidos em água e submetidos à fervura, e a sua toxicidade está relacionada à liberação dos gases tóxicos, sulfeto de hidrogênio (H₂S) e dióxido de enxofre (SO₂) [27]. Já o enxofre, que é um dos componentes da calda sulfocálcica, foi considerado compatível com *B. bassiana* [28].

4. CONCLUSÃO

Os resultados demonstram que o fungo *B. bassiana* apresenta alta letalidade ao ácaro-da-necrose *A. guerreronis*, enfatizando o seu potencial no controle desta praga-chave do coqueiro. Adicionalmente, o óleo mineral demonstra seletividade à *B. bassiana*, logo pode ser aplicado de forma isolada ou intercalada com o fungo sem interferir significativamente no crescimento micelial e possivelmente em sua eficiência de controle. Pesquisas adicionais para o desenvolvimento de um bioacaricida à base de *B. bassiana* para o controle de *A. guerreronis* e outros ácaros estão em andamento.

5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Brainer MSCP. Coco: Produção e mercado. Fortaleza (CE): Caderno setorial ETENE; 2021.
2. Martins CR, Jesus Junior LA. Evolução da produção de coco no Brasil e o comércio internacional - Panorama 2010. Sergipe: Embrapa Tabuleiros Costeiros; 2011. (Documentos, 164).
3. Navia D, Gondim Junior MGC, Aratchige NS, Moraes GJ. A review of the status of the coconut mite, *Aceria guerreronis* (Acari: Eriophyidae), a major tropical mite pest. *Exp Appl Acarol.* 2013;59:67-94. doi: 10.1007/s10493-012-9634-x
4. Oliveira NNFC, Galvão AS, Amaral EA, Santos AWO, Sena Filho JG, Oliveira EE, et al. Toxicity of vegetable oils to the coconut mite *Aceria guerreronis* and selectivity against the predator *Neoseiulus baraki*. *Exp Appl Acarol.* 2017;72(1):23-34. doi: 10.1007/s10493-017-0134-x
5. Monteiro VB, Lima DB, Gondim Junior GCM, Siqueira HAA. Residual bioassay to assess the toxicity of acaricides against *Aceria guerreronis* (Acari: Eriophyidae) under laboratory conditions. *J Econ Entomol.* 2012;105:1419-25. doi: <https://doi.org/10.1603/EC11400>
6. Teodoro AV, Silva MJS, Sena Filho JG, Oliveira EE, Galvão AS, Silva SS. Bioactivity of cottonseed oil against the coconut mite *Aceria guerreronis* (Acari: Eriophyidae) and side effects on *Typhlodromus ornatus* (Acari: Phytoseiidae). *Syst Appl Acarol.* 2017;22:1037-47. doi: 10.11158/saa.22.7.11
7. Guedes RNC, Smagghe G, Stark JD, Desneux N. Pesticide-induced stress in arthropod pests for optimized integrated pest management programs. *Annu Rev Entomol.* 2016;61:43-62. doi: 10.1146/annurev-ento-010715-023646
8. Isman MB. Botanical insecticides in the twenty-first century - fulfilling their promise? *Annu Rev Entomol.* 2020;65:233-49. doi: 10.1146/annurev-ento-011019025010
9. Monteiro SG, Bittencourt VREP, Daemon E, Faccini JLH. Efeito dos fungos entomopatogênicos *Metarhizium anisopliae* e *Beauveria bassiana* em ovos de *Rhipicephalus sanguineus* (Acarixodidae). *Cienc Rural.* 1998;28(3):461-6.
10. Mora MAE, Castilho AMC, Fraga ME. Classification and infection mechanism of entomopathogenic fungi. *Arq Inst Biol.* 2017;84:1-10. doi: 10.1590/1808-1657000552015

11. Barreto S, Marques JE, Gondim CGM, Oliveira VJ. Selection of *Beauveria bassiana* (BALS.) VUILL. and *Metarhizium anisopliae* (Metsch.) for the control of the mite *Mononychellus tanajoa* (Bondar). Sci Agric. 2004;61(6):659-64.
12. Lekkimme M, Mignon B, Tombeaux S, Focant C, Marechal F, Losson B. *In vitro* entomopathogenic activity of *Beauveria bassiana* against *Psoroptes* spp. (Acari: Psoroptidae). Vet Parasitol. 2006;139:196-202.
13. Gatarayihya CM, Laing DM, Miller MR. Selection of *Beauveria bassiana* strains against the two spotted spider mite, *Tetranychus urticae* Koch in laboratory and greenhouse trials. Afr J Microbiol Res. 2012;6:2694-703. doi: 10.5897/AJMR11.1184
14. Robles-Acosta IN, Chacón-Hernández JC, Torres-Acosta RI, Landersos-Flores J, Vanoye-Eligio V, Arredondo-Valdés R. Entomopathogenic fungi as biological control agents of *Phyllocoptruta oleivora* (Prostigmata: Eriophyidae) under greenhouse conditions. Fla Entomol. 2019;102:303-8. doi: 10.1653/024.102.0203
15. Yucel C. Effects of local isolates of *Beauveria bassiana* (Balsamo) Vuillemin on the twospotted spider mite, *Tetranychus urticae* (Koch) (Acari: Tetranychidae). Egypt J Biol Pest Control. 2021;31(63):1-7. doi: 10.1186/s41938-021-00409-2
16. Minguely C, Norgrove L, Burren A, Christi B. Biological control of the raspberry Eriophyoid mite *Phyllocoptes gracilis* using entomopathogenic fungi. Horticulturae. 2021;7(3):54. doi: 10.3390/horticulturae7030054
17. Freitas GS, Lira VA, Jumbo LOV, Santos FJ, Rêgo AS, Teodoro AV. The potential of *Beauveria bassiana* to control *Raoiella indica* (Acari: Tenuipalpidae) and its compatibility with predatory mites. Crop Prot. 2021;149:105776. doi: 10.1016/j.cropro.2021.105776
18. Queiroz TN, Pascuali LC, Silva ACP, Porto AG, Carvalho JWP. Extratos e óleos essenciais como alternativa no controle de *Sclerotinia sclerotiorum* e *Sclerotium rolfsii* isolados de soja (*Glycine max* L.). Rev em Agronegócio e Meio Ambient. 2020;13(2):737-53. doi: 10.17765/2176-9168.2020v13n2p737-753
19. Alves SB, Tamai MA, Rossi LS, Castiglioni E. *Beauveria bassiana* pathogenicity to the citrus rust mite *Phyllocoptruta oleivora*. Exp Appl Acarol. 2005;37(1-2):117-22.
20. Al Khoury C, Guillot J, Nemer N. Lethal activity of beauvericin, a *Beauveria bassiana* mycotoxin, against the two-spotted spider mites, *Tetranychus urticae* Koch. J Appl Entomol. 2019;143(9):974-83. doi: 10.1111/jen.12684
21. Coventry E, Allan EJ. Microbiological and chemical analysis of neem (*Azadirachta indica*) extracts: New data on antimicrobial activity. Phytoparasitica. 2001;29(5):441-50. doi: 10.1007/BF02981863
22. Dubey RC, Kumar H, Pandey RR. Fungitoxic effect of neem extracts on growth and sclerotial survival of *Macrophomina phaseolina* in vitro. J Am Sci. 2009;5(5):17-24.
23. Ribeiro LP, Blume E, Bogorni PC, Dequech STB, Brand SC, Junges E. Compatibility of *Beauveria bassiana* commercial isolate with botanical insecticides utilized in organic crops in southern Brazil. Biol Agric Hortic. 2012;28(4):223-40. doi: 10.1080/01448765.2012.735088
24. Kurnianto AS, Prastiwi S, Dewi N, Tanzil AI, Muhlison W, Wagiyana W. Compatibility of neem (*Azadirachta indica*) and *Beauveria bassiana* for control of *Spodoptera exigua* and the theoretical impact to the agroecosystem. J Trop Biol. 2022;10(2):89-96. doi: <https://doi.org/10.21776/ub.biotropika.2022.010.02.01>
25. Akbar W, Lord JC, Nechols JR, Louguin TM. Efficacy of *Beauveria bassiana* for red flour beetle when applied with plant essential oils or in mineral oil and organosilicone carriers. J Econ Entomol. 2005;98(3):683-8. Doi: 10.1603/0022-0493-98.3.683
26. Montag J, Schreiber L, Schonherr J. An *In vitro* study on the postinfection activities of hydrated lime and lime sulphur against apple scab (*Venturia inaequalis*). J Phytopathol. 2005;153(7-8):485-91. doi: 10.1111/j.1439-0434.2005.01007.x
27. Andrade DJ, Pattarro FC, Oliveira CAL. Resíduos de calda sulfocálcica sobre a eficiência de acaricidas no controle de *Brevipalpus phoenicis*. Cienc Rural. 2011;41(10):1695-901.
28. Usha J, Babu MN, Padmaja V. Detection of compatibility of entomopathogenic fungus *Beauveria bassiana* (Bals.) Vuill. with pesticides, fungicides and botanicals. Int J Plant Animal Env Sci. 2014;4(2):613-24.