

BIOINSUMOS NA CULTURA DO MAMOEIRO: SOLUÇÕES BIOLÓGICAS PARA PROTEÇÃO SUSTENTÁVEL

Gabriela da Silva Rolim¹; Bruno Wesley Ferreira²; Guilherme Mendonça Pereira³;
Patrícia Fernanda Reffatti Diosti⁴; Rafael Netto Moreira Garcia⁵

Resumo – A cultura do mamoeiro (*Carica papaya* L.) representa uma importante fonte de renda para diversas regiões tropicais e subtropicais. No entanto, sua produtividade e qualidade pós-colheita podem ser severamente comprometidas por fatores como incidência de pragas e doenças, especialmente as fúngicas, que afetam os frutos após a colheita. Diante das restrições ao uso de defensivos químicos e da demanda por práticas mais sustentáveis, os bioinsumos surgem como uma alternativa viável e eficiente. Este trabalho teve como objetivo revisar o potencial de uso de agentes biológicos no manejo do ácaro-rajado e de doenças pós-colheita na cultura do mamão. A metodologia consistiu em levantamento bibliográfico em bases científicas, priorizando artigos recentes e indexados, além da análise de experiências práticas conduzidas em áreas produtoras. Os principais produtos biológicos empregados incluem fungos entomopatogênicos, ácaros predadores e biofungicidas à base de microrganismos antagonistas. Os resultados apontam para reduções significativas na população de ácaros e no desenvolvimento de patógenos, com impacto positivo na sanidade dos frutos e no tempo de prateleira. A aplicação integrada de bioinsumos, associada ao monitoramento e ao manejo cultural, demonstrou maior eficiência no controle e menor impacto ambiental. Conclui-se que os bioinsumos representam ferramenta promissora no contexto da produção sustentável do mamoeiro, contribuindo para a redução de resíduos químicos e para a valorização do produto no mercado interno e externo.

Palavras-chaves: *Carica papaya*; controle biológico; *Tetranychus urticae*; microrganismos antagonistas; doenças pós-colheita.

¹D.Sc. Fitotecnia, Pesquisadora da Agrobiológica, gabrielasrolim@gmail.com

²D.Sc. Fitopatologia, Pesquisador da Agrobiológica

³Esp. Cafeicultura, Desenvolvedor de mercado da Agrobiológica

⁴PhD in applied Molecular and Bioscience, Diretora de Pesquisa e Desenvolvimento da Agrobiológica

⁵Engenheiro Agrônomo, Diretor Presidente da Agrobiológica

BIOINPUTS IN PAPAYA CULTIVATION: BIOLOGICAL SOLUTIONS FOR SUSTAINABLE PROTECTION

Abstract – The papaya crop (*Carica papaya* L.) represents an important source of income for various tropical and subtropical regions. However, its productivity and postharvest quality can be severely compromised by factors such as the incidence of pests and diseases, especially fungal pathogens that affect the fruits after harvest. Given the restrictions on the use of chemical pesticides and the growing demand for more sustainable practices, bioinputs have emerged as a viable and effective alternative. This study aimed to review the potential use of biological agents in the management of the two-spotted spider mite and postharvest diseases in papaya cultivation. The methodology consisted of a bibliographic review of scientific databases, prioritizing recent and indexed articles, as well as the analysis of practical experiences conducted in producing areas. The main biological products used include entomopathogenic fungi, predatory mites, and biofungicides based on antagonistic microorganisms. The results indicate significant reductions in mite populations and pathogen development, with a positive impact on fruit health and shelf life. The integrated application of bioinputs, combined with monitoring and cultural practices, proved to be more efficient in control and had lower environmental impact. It is concluded that bioinputs represent a promising tool in the context of sustainable papaya production, contributing to the reduction of chemical residues and enhancing the product's value in both domestic and international markets.

Keywords: *Carica papaya*; biological control; *Tetranychus urticae*; antagonistic microorganisms; post-harvest diseases.

BIOINSUMOS EN EL CULTIVO DE PAPAYA: SOLUCIONES BIOLÓGICAS PARA LA PROTECCIÓN SOSTENIBLE

Resumen – El cultivo de la papaya (*Carica papaya* L.) representa una fuente importante de ingresos para varias regiones tropicales y subtropicales. Sin embargo, su productividad y calidad postcosecha pueden verse severamente comprometidas por factores como la incidencia de plagas y enfermedades, especialmente las fúngicas, que afectan los frutos después de la cosecha. Ante las restricciones al uso de pesticidas químicos y la demanda de prácticas más sostenibles, los bioinsumos se presentan como una alternativa viable y eficiente. El objetivo de este trabajo fue revisar el potencial de uso de agentes biológicos en el manejo del ácaro llamado "araña roja" y de enfermedades postcosecha en el cultivo de la papaya. La metodología consistió en un levantamiento y revisión bibliográfica sobre bases científicas, priorizando artículos recientes e indexados, además del análisis de experiencias prácticas llevadas a cabo en áreas de producción. Los principales productos biológicos utilizados incluyen hongos entomopatógenos, ácaros depredadores y biofungicidas a base de microorganismos antagonistas. Los resultados apuntan a reducciones significativas en la población de ácaros y en el desarrollo de patógenos, con un impacto positivo en la salud de los frutos y en su vida útil. La aplicación integrada de bioinsumos, asociada al monitoreo y manejo cultural, demostró mayor eficiencia en el control y menor impacto ambiental. Se concluye que los bioinsumos representan una herramienta promisoriosa en el contexto de la producción sostenible del cultivo de la papaya, contribuyendo a la reducción de residuos químicos y a la valorización del producto en el mercado interno y externo.

Palabras clave: *Carica papaya*; control biológico; *Tetranychus urticae*; microorganismos antagonistas; enfermedades postcosecha.

INTRODUÇÃO

O mamoeiro (*Carica papaya* L.) é uma frutífera tropical de grande importância socioeconômica para o Brasil, que ocupa posição de destaque na produção e exportação mundial da fruta (Faostat, 2023). No entanto, a cultura enfrenta diversos desafios fitossanitários, entre os quais se destacam o ácaro-rajado (*Tetranychus urticae* Koch), praga recorrente em regiões tropicais e subtropicais, e as doenças pós-colheita, que comprometem significativamente a qualidade e a durabilidade dos frutos, resultando em perdas econômicas expressivas (Moro et al., 2011; Tan; Ali; Siddiqui, 2023).

O uso intensivo de defensivos químicos tem gerado preocupações ambientais e sociais, além de favorecer a seleção de populações resistentes de pragas e patógenos, e de comprometer a segurança alimentar. Diante desse cenário, o uso de bioinsumos surge como uma alternativa promissora, promovendo práticas sustentáveis no manejo de pragas e doenças (Ayón-Reyna et al., 2017).

Nesse contexto, o presente trabalho tem como objetivo revisar o uso de bioinsumos no cultivo do mamoeiro, com ênfase no controle do ácaro-rajado e das doenças fúngicas pós-colheita. A proposta visa reunir evidências científicas que demonstrem a eficácia desses agentes biológicos como ferramentas seguras, sustentáveis e tecnicamente viáveis para o manejo integrado da cultura.

MANEJO DE PRAGAS E DOENÇAS

O ácaro-rajado (*Tetranychus urticae*) (Kock, 1836) (Acari, Tetranychidae) é uma praga de grande importância na cultura do mamoeiro, causando danos severos às folhas, o que compromete a fotossíntese e, consequentemente, o crescimento e a produção dos frutos (Christalcatalani et al., 2017; Senbill; Hassan; Eldesouky, 2023). O ataque dessa praga concentra-se nas folhas mais baixas da planta, onde forma teias finas e se alimenta da seiva, destruindo as células foliares, que resulta no amarelecimento, necrose e perfurações das folhas (Collier; Lima; Albuquerque, 2004). Em casos de infestações severas, pode ocorrer a queda prematura das folhas, deixando os frutos expostos a radiação solar, comprometendo a produtividade e a qualidade da frutificação (Attia et al., 2013).

O manejo dessa praga, por muito tempo, se baseou no uso de pesticidas sintéticos, ocasionando diversas consequências adversas, como a eliminação de inimigos

naturais e riscos à saúde humana, dado que a fruta é consumida *in natura* (Christalcatalani et al., 2017). Além disso, o ácaro-rajado tem alta capacidade de desenvolver resistência aos acaricidas (Ferreira et al., 2015; Monteiro et al., 2015), o que pode forçar os agricultores a aumentarem tanto a dosagem quanto a frequência das aplicações, agravando os impactos.

Uma alternativa ao uso de pesticidas convencionais é o emprego de agentes de controle biológico, incluindo bactérias, insetos predadores e fungos. O controle biológico caracteriza-se pela supressão do inóculo ou da atividade de um patógeno por meio de um ou mais organismos, excluindo o homem (Cook; Baker, 1998). Esses organismos agem através de uma variedade de mecanismos de ação (Lanna Filho et al., 2010): competição por nutrientes e espaço (Wang et al., 2010); indução de resistência (Araujo; Menezes, 2009; Chalfoun; Castagnaro; Ricci, 2011); antibiose (Louzada et al., 2009); parasitismo (Kupper; Bellotte; Goes, 2009); produção de compostos antimicrobianos voláteis ou não voláteis (Asari et al., 2016).

Diversos microrganismos bacterianos e fúngicos são considerados promissores no controle de *T. urticae*. Os fungos entomopatogênicos, como *Metarhizium anisopliae*, *Beauveria bassiana*, *Cordyceps fumosorosea*, *Hirsutella thompsonii*, *Isaria cateniannulata* e *Lecanicillium lecanii*, são amplamente utilizados no controle das populações de ácaro-rajado, contribuindo significativamente para o manejo integrado dessa praga (Chandler; Davidson; Jacobson, 2004; Maniania et al., 2008; Zhang et al., 2018; Castillo-Ramírez et al., 2020; Al-Zahrani et al., 2023).

Esses fungos não apenas causam a morte das fêmeas, mas também reduzem a capacidade reprodutiva dos indivíduos que sobrevivem à infecção (Shi; Feng, 2009). Em estudos recentes, o biopesticida à base de *Bacillus thuringiensis* demonstrou taxas de mortalidade máximas de 91%–99% para adultos e larvas do ácaro-rajado, enquanto o tratamento com o fungo *L. lecanii* resultou em uma mortalidade de cerca de 60% entre as larvas (Zenkova et al., 2020). Sob condições controladas, o fungo entomopatogênico *Beauveria bassiana* demonstrou alta eficácia no controle de machos e fêmeas de *Tetranychus urticae*, em todas as concentrações testadas (10^6 , 10^7 e 10^8 conídios/mL) (Al-Zahrani et al., 2023).

O mecanismo de ação dos fungos, de forma geral, inicia-se com o contato com o ácaro, levando à germinação e à liberação de enzimas como proteases, quitinases e lipases. Essas enzimas degradam os tecidos

do hospedeiro, resultando em sua morte (Mascarin; Jaronski, 2016). Esses agentes de biocontrole podem ser aplicados em diferentes estágios de infestação e demonstram eficácia tanto em ambientes abertos quanto em estufas (Butt; Jackson; Magan, 2001; Faria; Wraight, 2007).

O uso desses microrganismos oferece vantagens importantes, como a alta especificidade, que minimiza o impacto em organismos não-alvo, incluindo polinizadores e predadores naturais (Chandler et al., 2011). Além disso, eles reduzem a pressão seletiva sobre a praga, diminuindo o risco de resistência, problema comum com o uso contínuo de acaricidas químicos (Van Leeuwen et al., 2008). Por serem compatíveis com sistemas de cultivo orgânico, são uma alternativa valiosa para produtores que visam mercados que exigem produtos livres de resíduos químicos (Lacey et al., 2015).

As bactérias entomopatogênicas têm se destacado como uma alternativa promissora no manejo do ácaro-rajado. Cepas de *Pseudomonas fluorescens* e *Pseudomonas putida* apresentam elevada atividade acaricida, associada à produção de enzimas hidrolíticas, como quitinases e proteases, que degradam a cutícula quitinosa e proteínas estruturais dos ácaros, comprometendo sua integridade física (Qessaoui et al., 2017). No estudo de Zenkova et al. (2020), as bactérias *Bacillus thuringiensis* e *Streptomyces avermitilis* demonstraram elevada eficácia no controle do ácaro-rajado. Ambas promoveram mortalidade significativa de adultos e formas imaturas, destacando-se como agentes microbianos promissores para o manejo da praga. Em condições de laboratório, foi avaliada a eficácia do *Bacillus subtilis* para o controle de fêmeas adultas de *T. urticae* (com 48 horas de idade) em folhas de morango (Mendoza-León et al., 2019).

Microrganismos fúngicos e bacterianos constituem ferramentas altamente eficazes e sustentáveis no controle de *Tetranychus urticae*. Enquanto os fungos demonstram ampla eficiência em diferentes condições de cultivo, as bactérias surgem como alternativas promissoras e mecanismos de ação diversificados. O uso combinado desses agentes contribui para reduzir a dependência de acaricidas químicos, minimizando riscos de resistência e impactos ambientais, além de favorecer sistemas de produção mais sustentáveis e compatíveis com a agricultura orgânica (Al-Azzazy et al., 2023; Wakil et al., 2024).

Além do controle de pragas, o controle biológico também vem sendo amplamente utilizado no manejo

integrado de doenças pré e pós-colheita em várias culturas, exibindo resultados muito promissores. As doenças pós-colheita são uma das principais responsáveis pela redução de rendimento e da qualidade do fruto na cultura do mamoeiro, ocorrendo, principalmente, durante o seu transporte e armazenamento, causando perdas que podem variar em função dos procedimentos de embalagem e manuseio pós-colheita. Na ausência de medidas de controle, estima-se que as perdas atinjam cerca de 10%-40% das exportações em embarque marítimo e de 5%-30% do embarque aéreo, causando, assim, um prejuízo para o exportador. Tais dados confirmam a importância econômica do controle de doenças pós-colheita, pois frutos com sintomas de podridão são desqualificados para comercialização e consumo, independente da sua severidade (Nishijima, 1994).

Vários agentes de controle biológico, como bactérias e fungos, foram testados na supressão de diferentes patógenos em mamão pós-colheita. Geralmente, o potencial de controle, difere de acordo com as espécies antagonistas aplicadas. Além disso, alguns estudos apontam que pode haver variações de desempenho entre estudos conduzidos *in vitro* ou *in vivo* (Bautista-Baños et al., 2013).

Estudos conduzidos por Viana et al. (2014) mostraram que, em ensaios *in vitro*, leveduras-killer foram capazes de inibir até 60% do crescimento do complexo de espécies de *Colletotrichum gloeosporioides*, além de reduzir em até 25% a ocorrência da antracnose em frutos de mamão em pós-colheita. Valenzuela et al. (2015) verificaram que determinadas cepas de *Trichoderma* tinham capacidade antagônica ao complexo de espécies de *Colletotrichum gloeosporioides*. Os autores contataram a ocorrência de micoparasitismo como mecanismo de ação e verificaram a diminuição do número de lesões nos frutos.

Vivas et al. (2017) conduziram um estudo objetivando obter e selecionar fungos com potencial para o biocontrole da pinta-preta do mamoeiro. Dos 24 isolados obtidos, dez eram de *Hansfordia pulvinata*, dois de *Lecanicillium lecanium*, dois de *Simplicillium lanossoniveum*, um de *Sarocladium implicatum* e nove de *Acremonium* spp. Os autores observaram uma ampla variabilidade dos isolados micoparasitar a pinta-preta, com destaque para os isolados H-611, H-613, H-614 e H-615, por apresentarem as maiores médias de colonização. Os resultados permitiram afirmar que *H. pulvinata* apresentava grande potencial

para ser utilizado como agente de biocontrole de *Asperisporium caricae*.

Bactérias também têm grande importância no controle biológico de doenças pós-colheita, especialmente aquelas do gênero *Bacillus*. Isolados, *Bacillus subtilis* tem sido reportado como promissores agentes de controle biológico de fitopatógenos em culturas como abacate, manga e citrus (Araujo; Menezes, 2009; Korsten et al., 1995; Kupper; Bellotte; Goes, 2009; Kupper; Gimenes-Fernandes; Goes, 2003). Os microrganismos pertencentes a este gênero apresentam a capacidade de formar endósporos tolerantes a variações de pH e temperatura, além de fertilizantes e pesticidas. Apresentam também, inúmeros mecanismos de ação, capazes de ultrapassar as defesas do patógeno (Lana Filho; Ferro; Pinho, 2010; Kloepper; Ryu; Zhang, 2004). Estudos conduzidos por Osman, Sivakumar e Korsten (2011) comprovam a eficácia de *Bacillus amyloliquefaciens*, aplicado nos frutos de mamão após tratamento com metilciclopropeno, no controle da antracnose. Essa combinação reduziu a incidência da doença em 50%, além de aumentar o tempo para a maturação dos frutos, mantendo a firmeza e retenção de cor.

Outros gêneros de bactérias também têm se mostrado eficazes no manejo de doenças pós-colheita. Rahman et al. (2009) relataram a eficácia do controle da antracnose em pós-colheita do mamão mediante a associação da cepa B23 de *Burkholderia cepacia* em concentração 10^9 UFC/mL, com quitosana a 0,75%, combinada com 3% de cloreto de cálcio. Shi et al. (2011) relatam *Pseudomonas putida* biovar MPG1, aplicada também em pós-colheita, reduziu a incidência da antracnose em mamão, além de retardar a infecção do patógeno. No entanto, esse controle não excedeu a efetividade do fungicida sintético Ridomil.

Santos et al. (2018) conduziram um estudo com o objetivo de prospectar bactérias epifíticas a partir de folhas, frutos e sementes do mamão e avaliar o antagonismo *in vitro* a *Colletotrichum* spp. Os autores avaliaram a produção de compostos difusíveis, voláteis, quitinase e inibição da germinação de conídios, a produção de biofilme e verificaram a redução da severidade da antracnose em discos de frutos e em frutos de mamão. Foram isoladas 224 bactérias, dentre elas, 74 exibiram, ao menos, um mecanismo de ação contra o patógeno, em 13 bactérias ocorreram apenas dois, quatro apresentaram três e uma bactéria exibiu todos os mecanismos avaliados. Uma mistura

dos principais isolados foi feita e todos reduziram significativamente a antracnose nos discos de frutos, quando comparados ao controle. No entanto, os "Mix" 1, 3, 5, na concentração 10^8 UFC/mL, proporcionaram melhores desempenhos, reduzindo a doença até 75%, 89,78% e 90,8%, respectivamente. Enquanto as misturas 3 e 5, na concentração ótima de 10^8 UFC/mL, foram aplicadas nos frutos inteiros, e a eficiência dos tratamentos foi comparada ao fungicida sintético Comet (Piraclostrobina 250 g/L). As misturas bacterianas não diferiram significativamente do fungicida, que atingiu níveis de redução da doença superiores a 97%. A combinações utilizadas reduziram a severidade da antracnose acima de 98%.

Alguns estudos foram conduzidos pela Agrobiológica Sustentabilidade objetivando analisar o efeito dos produtos formulados: Amanzi (*Bacillus amyloliquefaciens*) e Provilar (*Bacillus velezensis* e *Bacillus subtilis*) nos manejos de doenças pós-colheita do mamoeiro. O experimento foi realizado no packing-house Interfruit Alimentos, localizado no município de Linhares-ES, no período de 16 de julho a 30 de julho de 2024. A análise dos dados demonstrou que o tratamento com Amanzi (*B. amyloliquefaciens*) se destacou no manejo da pinta-preta, antracnose e, principalmente, da podridão-peduncular, proporcionando um controle mais eficaz dos patógenos avaliados em comparação aos tratamentos com Provilar (*B. velezensis* e *B. subtilis*) e controle (frutos lavados com Clean Fruit® sanitizante à base de óleo de laranja na dose de 100 mL/1000 L). *Bacillus amyloliquefaciens* foi eficiente no controle de patógenos, pois essa bactéria produz vários compostos antimicrobianos, como lipopeptídeos (surfactina, iturina e fengicina), que têm a capacidade de inibir o crescimento de fungos fitopatogênicos. Além disso, *B. amyloliquefaciens* é conhecido por induzir resistência sistêmica, ativando os mecanismos de defesa naturais contra uma ampla gama de patógenos, inclusive no contexto de pós-colheita. Outro importante fator é a capacidade dessa bactéria de colonizar eficientemente a rizosfera e outros tecidos vegetais, formando biofilmes que atuam como barreiras físicas contra a invasão de patógenos. Os resultados obtidos nesse experimento reforçam a viabilidade do uso de microrganismos como uma alternativa promissora e sustentável aos fungicidas químicos tradicionais, especialmente em um cenário de restrições crescentes ao uso de produtos químicos na agricultura.

Tais estudos têm demonstrado não apenas o potencial de controle de pragas e doenças por fungos filamentosos, leveduras e bactérias, como também ressaltam a importância da associação dos agentes de biocontrole com práticas rotineiras de manejo para a cultura do mamoeiro. Essa integração é fundamental para um controle mais eficaz, minimizando as perdas pós-colheita (Janisiewicz; Korsten, 2002).

SISTEMAS DE PRODUÇÃO ON-FARM

Os primeiros sistemas de produção *on-farm* se baseavam na simples utilização de caixas d'água ou bombonas de plástico, nas quais era adicionada uma solução nutritiva e um bioproduto comercial como fonte de inóculo e a aeração geralmente era realizada pela recirculação do líquido, com o auxílio de bomba d'água (Santos; Dinnas; Feitoza, 2017). Como esperado, em muitos casos, ocorria uma baixa produção do microrganismo-alvo e uma alta taxa de contaminação, inclusive com a presença de microrganismos com potencial patogênico (Abrunhosa, 2019; Lana et al., 2019).

A busca pela produção e aplicação de agentes biológicos, de forma independente e para consumo próprio nas propriedades rurais, despertou nas empresas fabricantes de produtos biológicos a necessidade do aumento de escala dos resultados obtidos em laboratório na produção *on-farm*. Assim, para que se obtenha volume produtivo adequado nas propriedades, surgem novos desafios, como a eficiência de mistura dos componentes, o suprimento de oxigênio, a esterilização de grandes volumes de meios de cultivo e o envase asséptico da produção (Ghasemi; Ahmadzadeh, 2013).

As biofábricas (Figura 1) são um modelo desse negócio que podem apresentar diferentes níveis de tecnologia, sendo utilizados biorreatores em sistema fechado, com o uso de aquecimento elétrico, vapor ou produtos químicos no processo de esterilização, mecanismo de homogeneização e grau de automação dos processos (Wu et al., 2019; Abuhena et al., 2022).



Figura 1 – Biofábrica para produção *on-farm* de microrganismos. À direita, biorreatores industriais destinados à multiplicação de fungos e bactérias em meio líquido; à esquerda, tanques para seu armazenamento.

FATORES QUE INFLUENCIAM AS CONDIÇÕES DE CULTIVO DE MICRORGANISMOS RELACIONADOS A PRODUTOS BIOLÓGICOS ON-FARM

Para que os bioprodutos sejam plenamente funcionais, é necessário que tenham um acompanhamento por técnico especializado e que o processo produtivo seja otimizado para que se obtenha alta concentração de estruturas fúngicas ou bacterianas (células vegetativas, esporos, blastosporos etc.) e produção de metabólitos de interesse. Além disso, a produção deve ocorrer de forma rápida, com baixo consumo de energia e com baixo custo de matérias-primas (Chen *et al.*, 2010; Ghasemi; Ahmadzadeh, 2013).

Entre os fatores físico-químicos, o pH, a temperatura e a agitação apresentam influência sobre os resultados no processo *on-farm*. O pH do meio de cultivo, idealmente, deve ser mantido entre 6,8 e 7,2 inicialmente para bactérias e entre 3,5 e 5,5 para fungos (Gabardo; Silva; Clock, 2021). A temperatura ideal varia dependendo do microrganismo a ser multiplicado, normalmente situando-se entre 28 °C e 32 °C (Gabardo; Silva; Clock, 2021). Por exemplo, a temperatura de cultivo para *Bacillus subtilis* em experimentos tem variado de 28 °C a 37 °C (Abuhena *et al.*, 2022; Karava; Bracharz; Kabisch, 2019), pois, em temperaturas mais baixas, verifica-se menor crescimento, já em temperaturas mais elevadas, pode ocorrer a inibição da esporulação (El-Bendary, 2006; Jaronski; Mascarin, 2017).

A agitação tem sido estudada entre 150 rpm e 220 rpm (rotações por minuto). Embora um ambiente com maior aeração resulte em maior crescimento e esporulação, devido ao rápido crescimento do microrganismo, pode haver limitações dos equipamentos ao trabalhar com agitações superiores (Monteiro *et al.*, 2014; Wu *et al.*, 2019). O tempo de crescimento varia de acordo com a espécie do microrganismo, sendo de 24 a 48 horas para bactérias, como *Pseudomonas spp.* e *Bacillus spp.*, e 48 a 96 horas para fungos, como *Trichoderma spp.*, *Beauveria spp.* e outros.

IMPACTOS ECONÔMICOS DA PRODUÇÃO ON-FARM NAS PROPRIEDADES RURAIS

Embora os produtos químicos ainda dominem o mercado, espera-se que os produtos biológicos exerçam papel fundamental como alternativas para reduzir a dependência desses produtos que, apesar de serem eficientes, são ecologicamente e economicamente

desvantajosos, o que pode ser ainda mais relevante em economias emergentes, como o caso do Brasil.

Assim, o uso de produtos *on-farm* de qualidade pode oferecer consistência, economicidade e confiabilidade no seu uso, tanto em pequenas quanto em grandes propriedades (Cruvinell *et al.*, 2022).

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Diante dos desafios enfrentados pelo cultivo do mamoeiro, especialmente no controle do ácaro-rajado e das doenças pós-colheita, o uso de agentes biológicos se destaca como uma estratégia promissora e ambientalmente responsável. Microrganismos, como fungos entomopatogênicos e bactérias antagonistas, vêm apresentando resultados expressivos na redução da severidade de pragas e doenças, contribuindo para a sustentabilidade da produção e a segurança alimentar. A substituição ou complementariedade aos defensivos químicos tradicionais não apenas preserva os inimigos naturais e polinizadores, como também reduz os riscos de resíduos tóxicos em frutos destinados ao consumo *in natura*, além de retardar o desenvolvimento de resistência pelos patógenos e pragas.

Nesse contexto, o uso de bioinsumos produzidos ou aplicados diretamente em sistemas *on-farm* surge como uma alternativa viável, acessível e adaptada à realidade de muitos produtores. Essa abordagem permite maior autonomia no manejo fitossanitário, redução de custos e fortalecimento de práticas agroecológicas, alinhando-se às exigências de mercados que valorizam sistemas produtivos sustentáveis. Portanto, o avanço na pesquisa, validação e adoção de bioinsumos para o manejo integrado de pragas e doenças no mamoeiro é essencial para promover a resiliência da cultura frente aos desafios fitossanitários, contribuindo para uma fruticultura mais sustentável e competitiva no cenário nacional e internacional.

CONTRIBUIÇÃO DOS AUTORES

Garcia, R. N. M. realizou o convite aos autores para elaborarem o texto, definiu os temas a serem abordados e revisou o artigo. Rolim, G. S. elaborou parte do artigo e colocou o artigo nas normas da revista. Ferreira, B. W. e Pereira, G. M. elaboraram parte do artigo. Diosti, P. F. R. revisou o artigo.

CONFLITO DE INTERESSES

Os autores declaram não haver conflito de interesses.

REFERÊNCIAS

- ABRUNHOSA, L. S. **Avaliação da contaminação de meios de cultura utilizados para produção “On-Farm” de bioinseticida**. 2019. 48 f. Trabalho de conclusão de curso (Graduação em Farmácia). Universidade de Brasília – Brasília, 2019. Disponível em: https://bdm.unb.br/bitstream/10483/28524/1/2019_LeticiaSantosAbrunhosa_tcc.pdf. Acesso em: 7 out. 2024.
- ABUHENNA, M.; AL-RASHID, J.; AZIM, M. F.; KHAN, M. N. M.; KABIR, M. G.; BARMAN, N. C.; RASUL, N. M.; AKTER, S.; HUQ, M. A. Optimization of industrial (3000 L) production of *Bacillus subtilis* CW-S and its novel application for minituber and industrial-grade potato cultivation. **Scientific Reports**, v. 12, n. 1, p. 1–19, 2022. DOI: <https://doi.org/10.1038/s41598-022-15366-5>.
- AL-ZAHRANI, J. K.; AL-ABDALALL, A.H.; OSMAN, M. A.; ALDAKHEEL, L. A.; ALAHMADY, N. F.; ALDAKEEL, S. A.; ABDULAZEEZ, S.; BORGIO, J. F.; ELNAGGAR, M. A.; ALABDALLAH, N. M.; ALMUSTAFA, M. M. Entomopathogenic fungi and their biological control of *Tetranychus urticae*: Two-spotted spider mites. **Journal of King Saud University – Science**, v. 35, n.8: 102910, 2023. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jksus.2023.102910>.
- ARAUJO, F. F.; MENEZES, D. Indução de resistência a doenças foliares em tomateiro por indutores bióticos (*Bacillus subtilis*) e abióticos (Acibenzolar-S-Metil). **Summa Phytopathologica**, v. 35, p. 169–172, 2009. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0100-54052009000300001>.
- ASARI, S.; MATZÉN, S.; PETERSEN, M. A.; BEJAI, S.; MEIJER, J. Multiple effects of *Bacillus amyloliquefaciens* volatile compounds: plant growth promotion and growth inhibition of phytopathogens. **FEMS Microbiology Ecology**, v. 92, p. fis070, 2016. DOI: <https://doi.org/10.1093/femsec/fiw070>.
- ATTIA, S.; GRISSA, K. L.; LOGNAY, G.; BITUME, E.; HANCE, T. A review of the major biological approaches to control the worldwide pest *Tetranychus urticae* (Acari: Tetranychidae) with special reference to natural pesticides. **Journal of Pest Science**, v. 86, p. 361–386, 2013. DOI: <https://doi.org/10.1007/s10340-013-0503-0>.
- AYÓN-REYNA, L. E.; GONZÁLEZ-ROBLES, A.; RENDÓN-MALDONADO, J. G.; BÁEZ-FLORES, M. E.; LÓPEZ-LÓPEZ, M. E.; VEGA-GARCÍA, M. O. Application of a hydrothermal-calcium chloride treatment to inhibit postharvest anthracnose development in papaya. **Postharvest Biology and Technology**, v. 124, p. 85–90, 2017. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.postharvbio.2016.10.009>.
- BAUTISTA-BANÓS, S.; SIVAKUMAR, D.; BELLO-PÉREZ, A.; VILLANUEVA-ARCE, R.; HERNÁNDEZ-LÓPEZ, M. A review of the management alternatives for controlling fungi on papaya fruit during the postharvest supply chain. **Crop Protection**, v. 49, p.8–20, 2013. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.cropro.2013.02.011>.
- BUTT, T.; JACKSON, C.; MAGAN, N. **Fungi as Biocontrol Agents: Progress, Problems and Potential**. 2001. DOI: <https://doi.org/10.1079/9780851993560.0000>.
- CASTILLO-RAMÍREZ, O.; GUZMÁN-FRANCO, A. W.; SANTILLÁN-GALICIA, M. T.; TAMAYO-MEJÍA, F. Interaction between predatory mites (Acari: Phytoseiidae) and entomopathogenic fungi in *Tetranychus urticae* populations. **BioControl**, v. 65, p. 433–445, 2020. DOI: <https://doi.org/10.1007/s10526-020-10004-3>.
- CHALFOUN, N. R.; CASTAGNARO, A. P.; RICCI, J. C. D. Induced resistance activated by a culture filtrate derived from an avirulent pathogen as a mechanism of biological control of anthracnose in strawberry. **Biological Control**, v. 58, p. 319–329, 2011. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.biocontrol.2011.05.007>.
- CHANDLER, D.; BAILEY, A.; TATCHELL, G.; DAVIDSON, G.; GREAVES, J.; GRANT, W. The development, regulation and use of biopesticides for integrated pest management. **Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences**, v. 366, p. 1987–1998, 2011. DOI: <https://doi.org/10.1098/rstb.2010.0390>.
- CHANDLER, D.; DAVIDSON, G.; JACOBSON, R. J. Laboratory and glasshouse evaluation of entomopathogenic fungi against the two-spotted spider mite, *Tetranychus urticae* (Acari: Tetranychidae), on tomato, *Lycopersicon esculentum*. **Biocontrol Science and Technology**, v. 15, n. 1, p. 37–54, 2004. DOI: <https://doi.org/10.1080/09583150410001720617>.
- CHEN, Z. M.; LI, Q.; LIU, H. M.; YU, N.; XIE, T. J.; YANG, M. Y.; SHEN, P.; CHEN, X. D. Greater enhancement of *Bacillus subtilis* spore yields in submerged cultures by optimization of medium composition through statistical experimental designs. **Applied Microbiology and Biotechnology**, v. 85, n. 5, p. 1353–1360, 2010. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jensm.2025.104295>.
- CHRISTALCATALANI, G.; VIEIRA, M.R.; CAMARGOS, L.S.D.; BOMFIM, N.C.P.; AGUSTINI, J.A. Effects of potassium silicate application on papaya plants in the twospotted spider mite population. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 39, n. 2, e–840, 2017. DOI: <https://doi.org/10.1590/0100-29452017840>.
- COLLIER, K. F. S.; LIMA, J. O. G. de; ALBUQUERQUE, G. S. Predacious mites in papaya (*Carica papaya* L.) orchards: in search of a biological control agent of phytophagous mite pests. **Neotropical Entomology**, v. 33, n. 6, p. 799–803, 2004. DOI: <https://doi.org/10.1590/S1519-566X2004000600020>.
- COOK, R. J.; BAKER, K. F. **The nature and practice of biological control of plant pathogens**. St. Paul: The American Phytopathology Society, 1998. 539 p.
- CRUVINELL, A.; SILVA, T. M.; ROCHA, M. A. M.; AZEVEDO, M. O.; AGUILERA, J. G.; BERNARDO, M. L. T.; BERNARDO, J. T.; ALMEIDA, J. E. M. Profitability in soybean production on the Bom Jardim Lagoano farm with on-farm biological management. **Research, Society and Development**, v. 11, n. 14, e135111436112, 2022. DOI: <https://doi.org/10.33448/rsd-v11i14.36112>.
- EL-BENDARY, M. A. *Bacillus thuringiensis* and *Bacillus sphaericus* biopesticides production. **Journal of basic microbiology**, v. 46, n. 2, p. 158–170, 2006. DOI: <https://doi.org/10.1002/jobm.200510585>.
- FAOSTAT. **Papaya Production in Brazil: Regional Analysis and Market Dynamics**. 2023. Food and Agriculture Organization of the United Nations.
- FARIA, M.; WRAIGHT, S. Mycoinsecticides and Mycoacaricides: A comprehensive list with worldwide coverage and international classification of formulation types. **Biological Control**, v. 43, p. 237–256, 2007. DOI: <https://doi.org/10.1016/J.BIOCONTROL.2007.08.001>.
- FERREIRA, C. B. S.; ANDRADE, F. H. N.; RODRIGUES, A. R. S.; SIQUEIRA, H. A. A.; GONDIM, M. G. C. Resistance in field populations of *Tetranychus urticae* to acaricides and characterization of the inheritance of abamectin resistance. **Crop Protection**, v. 67, p. 77–83, 2015. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.cropro.2014.09.022>.

- GABARDO, G.; SILVA, H. L.; CLOCK, D. C. "On-Farm" Production of microorganisms in Brazil. **Scientia Agraria Paranaensis**, v. 20, n. 4, 312–318, 2021. DOI: <https://doi.org/10.18188/SAP.V2014.28587>.
- GHASEMI, S.; AHMADZADEH, M. Optimisation of a cost-effective culture medium for the large-scale production of *Bacillus subtilis* UTB96. **Archives of Phytopathology and Plant Protection**, v. 46, n. 13, p. 1552–1563, 2013. DOI: <https://doi.org/10.1080/03235408.2013.771469>.
- JANISIEWICZ, W. J.; KORSTEN, L. Biological control of postharvest diseases of fruits. **Annual Review of Phytopathology**, v. 40, p. 411–441, 2002. DOI: <https://doi.org/10.1146/annurev.phyto.40.120401.130158>.
- JARONSKI, S. T.; MASCARIN, G. M. **Mass production of fungal entomopathogens**. Microbial control of insect and mite pests, p. 141–155, 2017. DOI: <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-803527-6.00009-3>.
- KARAVA, M.; BRACHARZ, F.; KABISCH, J. Quantification and isolation of *Bacillus subtilis* spores using cell sorting and automated gating. **PLoS ONE**, v. 14, n. 7, p. 1–15, 2019. DOI: <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0219892>.
- KLOEPPER, J. W.; RYU, C. M.; ZHANG, S. Induced systemic resistance and promotion of plant growth by *Bacillus* spp. **Phytopathology**, v. 94, p. 1259–1266, 2004. DOI: <https://doi.org/10.1094/PHYTO.2004.94.11.1259>.
- KORSTEN, L.; JAGER, E.; VILLIERS, E.; LOURENS, A.; KOTZE, J.; WEHNER, F. Evaluation of bacterial epiphytes isolated from avocado leaf and fruit surfaces for biocontrol of avocado postharvest diseases. **Plant Disease**, v. 79, p. 1149–1156, 1995.
- KUPPER, K. C.; BELLOTTE, J. A. M.; GOES, A. Controle alternativo de *Colletotrichum acutatum*, agente causal da queda prematura dos frutos cítricos. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 31, p. 1004–1015, 2009. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0100-29452009000400013>.
- KUPPER, K. C.; GIMENES-FERNANDES, N.; GOES, A. Controle biológico de *Colletotrichum acutatum*, agente causal da queda prematura dos frutos cítricos. **Fitopatologia Brasileira**, v. 28, p. 251–257, 2003.
- LACEY, L. A.; GRZYMACZ, D.; SHAPIRO-ILAN, D. I.; FRUTOS, R.; BROWNBIDGE, M.; GOETTEL, M. S. Insect pathogens as biological control agents: Back to the future. **Journal of Invertebrate Pathology**, v. 132, p. 1–41, 2015. DOI: <http://dx.doi.org/10.1016/j.jip.2015.07.009>.
- LANA FILHO, R.; FERRO, H. M.; PINHO, R. S. C. Controle biológico mediado por *Bacillus subtilis*. **Revista Trópica: Ciências Agrárias e Biológicas**, v. 4, p. 12–20, 2010. DOI: <http://dx.doi.org/10.0000/rtcab.v4i2.145>.
- LANA, U. G. de P.; TAVARES, A. N. G.; AGUIAR, F. M.; GOMES, E. A.; VALICENTE, F. H. **Avaliação da qualidade de biopesticidas à base de *Bacillus thuringiensis* produzidos em sistema On-Farm**. Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento, 191: 2019. 23 p.
- LOUZADA, G. A. S.; CARVALHO, D. D. C.; MELLO, S. C. M.; LOBO JÚNIOR, M.; MARTINS, I.; BRAÚN, L. M. Potencial antagonístico de *Trichoderma* spp. originários de diferentes agroecossistemas contra *Sclerotinia sclerotiorum* e *Fusarium solani*. **Biota Neotropica**, v. 9, n.3, 2009. DOI: <https://doi.org/10.1590/S1676-6032009000300014>.
- MANIANIA, N. K.; BUGEME, D. M.; WEKESA, V. W.; DELALIBERA, I.; KNAPP, M. Role of entomopathogenic fungi in the control of *Tetranychus evansi* and *Tetranychus urticae* (Acari: Tetranychidae), pests of horticultural crops. **Experimental and Applied Acarology**, v. 46, p. 259–274, 2008. DOI: <https://doi.org/10.1007/s10493-008-9180-8>.
- MASCARIN, G. M.; JARONSKI, S. T. The production and uses of *Beauveria bassiana* as a microbial insecticide. **World Journal of Microbiology and Biotechnology**, v. 32, n. 177, 2016. DOI: <https://doi.org/10.1007/s11274-016-2131-3>.
- MENDOZA-LÉON, D.; DOBRONSKI-ARCOS, J.; VÁSQUEZ-FREYTEZ, C.; FRUTOS-PINTO, V.; PAREDES-CARRENO, S. Control de *Tetranychus urticae* Koch (Acari: Tetranychidae) con *Bacillus subtilis* en hojas de fresa (*Fragaria vesca*). **Agroñomía Costarricense**, v. 43, n.1, p. 125–133, 2019.
- MONTEIRO, S. M. S.; CLEMENTE, J. J.; CARRONDO, M. J. T.; CUNHA, A. E. Enhanced spore production of *Bacillus subtilis* grown in a chemically defined medium. **Advances in Microbiology**, v. 04, n. 08, p. 444–454, 2014. DOI: <https://doi.org/10.4236/aim.2014.48049>.
- MONTEIRO, V. B.; GONDIM JUNIOR, M. G. C.; OLIVEIRA, J. E. M.; SIQUEIRA, H. A. A.; SOUSA, J. M. Monitoring *Tetranychus urticae* Koch (Acari: Tetranychidae) resistance to abamectin in vineyards in the Lower Middle São Francisco Valley. **Crop Protection**, v. 69, p. 90–96, 2015. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.cropro.2014.12.012>.
- MORO, L. B.; POLANCZYK, R. A.; PRATISSOLI, D.; CARVALHO, J. R.; FRANCO, C. R. Potencial do uso de fungos entomopatogênicos no controle de *Tetranychus urticae* koch (Acari:Tetranychidae) em mamoeiro: efeito de cultivares sobre a patogenicidade. **Arquivos do Instituto Biológico**, v. 78, n. 2, 2011. DOI: <https://doi.org/10.1590/1808-1657v78p2672011>.
- NISHIJIMA, W. T.; DICKMAN, M. B.; KO, W. H.; OOKA, J. J. Papaya diseases caused by fungi. In: PLOETZ, R. C.; ZENTMYER, G. A.; NISHIJIMA, W. T.; ROHRBACH, K. G.; OHR, H. D. **Compendium of tropical fruit diseases**. St. Paul, MN: American Phytopathological Society, 1994. p. 58–64.
- OSMAN, S. M.; SIVAKUMAR, D.; KORSTEN, L. Effect of biocontrol agent *Bacillus amyloliquefaciens* and 1-methylcyclopropene on the control of postharvest diseases and maintenance of fruit quality. **Crop Protection**, v. 30, p. 173–178, 2011. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.cropro.2010.09.014>.
- QESSAOUI, R.; BOUHARROUD, R.; AMARRAQUE, A.; AJERRAR, A.; EL HASSAN, M.; CHEBLI, B.; DADI, M.; ELAINI, R.; EL FILALI, F.; WALTERS, A.S. Ecological applications of *Pseudomonas* as a biopesticide to control two-spotted mite *Tetranychus urticae*: Chitinase and HCN Production. **Journal of Plant Protection Research**, v. 57, p. 409–416, 2017. DOI: <https://doi.org/10.1515/jppr-2017-0055>.
- RAHMAN, M.A.; MAHMUD, T.M.M.; KADIR, J.; ABDUL RAHMAN, R.A.; BEGUM, M.M. Enhancing the efficacy of *Burkholderia cepacia* B23 with calcium chloride and chitosan to control anthracnose of papaya during storage. **Plant Pathology Journal**, v. 25, p. 361–368, 2009.
- SANTOS, A. F. de J.; DINNAS, S. S. E.; FEITOZA, A. F. A. Microbiological quality of bioproducts multiplied On-Farm in the São Francisco valley: preliminary data. **Enciclopédia Biosfera**, v. 17, n. 34, p. 530–543, 2017. DOI: <https://doi.org/10.18677/EncBio..2020D33>.

- SANTOS, L. A. D. L.; **Bactérias epifíticas como agentes de biocontrole da antracnose do mamoeiro em pós-colheita**. 2018. 87 F. Dissertação (Mestrado em Microbiologia Agrícola) – Universidade Federal do Recôncavo da Bahia, Cruz das Almas/BA, 2018.
- SENBILL, H.; HASSAN, S. M.; ELDESOUKY, S. E. Acaricidal and biological activities of Titanium dioxide and Zinc oxide nanoparticles on the two-spotted spider mite, *Tetranychus urticae* Koch (Acari: Tetranychidae) and their side effects on the predatory mite, *Neoseiulus californicus* (Acari: Phytoseiidae). **Journal of Asia-Pacific Entomology**, v. 26, n. 1, 102027, 2023. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.aspen.2022.102027>.
- SHI, J.; LIU, A.; LI, X.; FENG, S.; CHEN, W. Inhibitory mechanisms induced by the endophytic bacterium MG2 in controlling anthracnose of papaya. **Biological Control**, v. 56, n. 1, p. 2–8, 2011. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.biocontrol.2010.09.012>.
- SHI, W. B.; FENG, M. G. Effect of fungal infection on reproductive potential and survival time of *Tetranychus urticae* (Acari: Tetranychidae). **Experimental and Applied Acarology**, v. 48, n. 3, p. 229–237, 2009. DOI: <https://doi.org/10.1007/s10493-009-9238-2>.
- TAN, G. H.; ALI, A.; SIDDIQUI, Y. Major fungal postharvest diseases of papaya: Current and prospective diagnosis methods. **Crop Protection**, v. 174, 106399, 2023. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.cropro.2023.106399>.
- VALENZUELA, N. L.; ANGEL, D. N.; ORTIZ, D.; ROSAS, R. A.; GARCÍA, C. F. O.; SANTOS, M. O. Biological control of anthracnose by postharvest application of *Trichoderma* spp. on maradol papaya fruit. **Biological Control**, v. 91, p. 88–93, 2015. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.biocontrol.2015.08.002>.
- VAN LEEUWEN, T.; VANHOLME, B.; VAN POTTELBERGE, S.; VAN NIEUWENHUYSE, P.; NAUEN, R.; TIRRY, L.; DENHOLM, I. Mitochondrial heteroplasmy and the evolution of insecticide resistance: non-Mendelian inheritance in action. **Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America**, v. 105, n. 16, p. 5980–5985, 2008. DOI: <https://doi.org/10.1073/pnas.0802224105>.
- VIANA, F.; LIMA, F.; LIMA, J.; PIENIZ, V.; GONÇALVES, L. **Biocontrole da antracnose pós-colheita do mamão com levedura killer**. Embrapa Agroindústria Tropical, Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento (INFOTECA-E), 723, 2014. p.22.
- VIVAS, J. M. S.; SILVEIRA, S. F. da; SANTOS, P. H. D. dos; PINHO, D. B.; PEREIRA, O. L. Seleção de fungos com potencial para biocontrole da pinta-preta do mamoeiro. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, v. 47, n. 4, p. 369–376, 2017.
- WAKIL, W.; BOUKOUVALA, M. C.; KAVALLIERATOS, N. G.; NAEEM, A.; GHAZANFAR, M. U.; ALHEWAIRINI, S. S. Impact of Three Entomopathogenic Fungal Isolates on the Growth of Tomato Plants—Ectoapplication to Explore Their Effect on *Tetranychus urticae*. **Agronomy**, v.14, n.4, p. 665, 2024. DOI: <https://doi.org/10.3390/agronomy14040665>.
- WANG, Y.F. et al. Biocontrol of postharvest gray mold of cherry tomatoes with the marine yeast *Rhodospiridium paludigenum*. **Biological Control**, v. 53, n. 2, p. 178–182, 2010. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.biocontrol.2010.01.002>.
- WU, R.; CHEN, G.; PAN, S.; ZENG, J.; LIANG, Z. Cost-effective fibrinolytic enzyme production by *Bacillus subtilis* WR350 using medium supplemented with corn steep powder and sucrose. **Scientific Reports**, v. 9, n. 1, p. 1–10, 2019. DOI: <https://doi.org/10.1038/s41598-019-43371-8>.
- ZENKOVA, A.; GRIZANOVA, E.; ANDREEVA, I.; GERNE, D.; SHATALOVA, E.; CVETCOVA, V.; DUBOVSKIY, I. Effect of fungus *Lecanicillium lecanii* and bacteria *Bacillus thuringiensis*, *Streptomyces avermitilis* on two-spotted spider mite *Tetranychus urticae* (Acari: Tetranychidae) and predatory mite *Phytoseiulus persimilis* (Acari: Phytoseiidae). **Jornal de Pesquisa em Proteção de Plantas**, v. 60, n. 4, p.415 – 419, 2020. DOI: <https://doi.org/10.24425/JPPR.2020.134917>.
- ZHANG, X.; GUO, J.J.; ZOU, X.; JIN, D.Ch. Pathogenic differences of the entomopathogenic fungus *Isaria cateniannulata* to the spider mite *Tetranychus urticae* (Trombidiformes: Tetranychidae) and its predator *Euseius nicholsi* (Mesostigmata: Phytoseiidae). **Experimental and Applied Acarology**, v. 75, p. 69–84, 2018. DOI: <https://doi.org/10.1007/s10493-018-0247-x>.