

CONTROLE DE TRIPES POR FUNGOS PARASITAS EM
Pisum sativum (FABACEAE)

Paulo Roberto Castellem Junior
Eng. Agrônomo

PAULO ROBERTO CASTELLEM JUNIOR

CONTROLE DE TRIPES POR FUNGOS PARASITAS EM
Pisum sativum (FABACEAE)

Orientadora: Prof. Dra. Carmen Rosa da Silva Curvelo

Dissertação apresentada ao Instituto Federal Goiano – Campus Urutaí, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Proteção de Plantas para obtenção do título de MESTRE.

Urutaí – GOIÁS
2024

Sistema desenvolvido pelo ICMC/USP
Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)
Sistema Integrado de Bibliotecas - Instituto Federal Goiano

CP331c Castellem Junior, Paulo Roberto
CONTROLE DE TRIPES POR FUNGOS PARASITAS EM Pisum
sativum (FABACEAE) / Paulo Roberto Castellem
Junior; orientador Carmen Rosa da Silva Curvelo; co-
orientador Alexandre Igor Azevedo Pereira. --
Urutaí, 2024.
23 p.

Dissertação (Mestrado em mestrado profissional em
proteção de plantas) -- Instituto Federal Goiano,
Campus Urutaí, 2024.

1. Ervilha. 2. Thysanoptera. 3. Beauveria. 4.
Metarhizium. 5. Isaria. I. Curvelo, Carmen Rosa da
Silva, orient. II. Pereira, Alexandre Igor Azevedo
, co-orient. III. Título.

TERMO DE CIÊNCIA E DE AUTORIZAÇÃO PARA DISPONIBILIZAR PRODUÇÕES TÉCNICO-CIENTÍFICAS NO REPOSITÓRIO INSTITUCIONAL DO IF GOIANO

Com base no disposto na Lei Federal nº 9.610, de 19 de fevereiro de 1998, AUTORIZO o Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Goiano a disponibilizar gratuitamente o documento em formato digital no Repositório Institucional do IF Goiano (RIIF Goiano), sem ressarcimento de direitos autorais, conforme permissão assinada abaixo, para fins de leitura, download e impressão, a título de divulgação da produção técnico-científica no IF Goiano.

IDENTIFICAÇÃO DA PRODUÇÃO TÉCNICO-CIENTÍFICA

- | | |
|--|---|
| <input type="checkbox"/> Tese (doutorado) | <input type="checkbox"/> Artigo científico |
| <input checked="" type="checkbox"/> Dissertação (mestrado) | <input type="checkbox"/> Capítulo de livro |
| <input type="checkbox"/> Monografia (especialização) | <input type="checkbox"/> Livro |
| <input type="checkbox"/> TCC (graduação) | <input type="checkbox"/> Trabalho apresentado em evento |

Produto técnico e educacional - Tipo:

Nome completo do autor:

Paulo Roberto Castellem Junior

Matrícula:

2022101330540009

Título do trabalho:

CONTROLE DE TRIPES POR FUNGOS PARASITAS EM *Pisum sativum* (FABACEAE)

RESTRIÇÕES DE ACESSO AO DOCUMENTO

Documento confidencial: Não Sim, justifique:

Informe a data que poderá ser disponibilizado no RIIF Goiano: 24 / 07 / 2024

O documento está sujeito a registro de patente? Sim Não

O documento pode vir a ser publicado como livro? Sim Não

DECLARAÇÃO DE DISTRIBUIÇÃO NÃO-EXCLUSIVA

O(a) referido(a) autor(a) declara:

- Que o documento é seu trabalho original, detém os direitos autorais da produção técnico-científica e não infringe os direitos de qualquer outra pessoa ou entidade;
- Que obteve autorização de quaisquer materiais incluídos no documento do qual não detém os direitos de autoria, para conceder ao Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Goiano os direitos requeridos e que este material cujos direitos autorais são de terceiros, estão claramente identificados e reconhecidos no texto ou conteúdo do documento entregue;
- Que cumpriu quaisquer obrigações exigidas por contrato ou acordo, caso o documento entregue seja baseado em trabalho financiado ou apoiado por outra instituição que não o Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Goiano.

Urutá, Goiás

Local

23 / 07 / 2024

Data

Paulo Roberto Castellem Jr.

Assinatura do autor e/ou detentor dos direitos autorais

Ciente e de acordo:

[Assinatura]

Assinatura do(a) orientador(a)



SERVIÇO PÚBLICO FEDERAL
MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
SECRETARIA DE EDUCAÇÃO PROFISSIONAL E TECNOLÓGICA
INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA GOIANO

Atanº 50/2024 - CREPG-UR/DPGPI-UR/CMPURT/IFGOIANO

PRÓ-REITORIA DE PESQUISA, PÓS-GRADUAÇÃO E INOVAÇÃO
BANCA EXAMINADORA DE DEFESA DE DISSERTAÇÃO

Aos vinte e nove dias do mês de abril do ano de dois mil e vinte e quatro, às treze horas, reuniram-se por videoconferência os componentes da banca examinadora, para procederem à avaliação da defesa de dissertação em nível de mestrado, de autoria de *Paulo Roberto Castellem Junior*, discente do Programa de Pós-Graduação em Proteção de Plantas do Instituto Federal Goiano - Campus Urutaí, com trabalho intitulado "CONTROLE DE TRIPES POR FUNGOS PARASITAS EM *Pisum sativum* (FABACEAE)". A sessão foi aberta pela presidente da banca examinadora, Prof^ª. Dr^ª Carmen Rosa da Silva Curvelo, que fez a apresentação formal dos membros da banca. A palavra, a seguir, foi concedida ao autor da dissertação para, em 30 minutos, proceder à apresentação de seu trabalho. Terminada a apresentação, cada membro da banca arguiu ao examinado, tendo-se adotado o sistema de diálogo sequencial. Terminada a fase de arguição, procedeu-se à avaliação da defesa. Tendo-se em vista as normas que regulamentam o Programa de Pós-Graduação em Proteção de Plantas, a dissertação foi APROVADA, considerando-se integralmente cumprido este requisito para fins de obtenção do título de MESTRE EM PROTEÇÃO DE PLANTAS, na área de concentração em Fitossanidade, pelo Instituto Federal Goiano 3 Campus Urutaí. A conclusão do curso dar-se-á mediante ao depósito da dissertação definitiva no Repositório Institucional do IF Goiano, com as devidas correções. Assim sendo, a defesa perderá a validade se não cumprida essa condição, em até 60 (sessenta) dias da sua ocorrência. Cumpridas as formalidades da pauta, a presidência da mesa encerrou esta sessão de defesa de dissertação de mestrado, e para constar, foi lavrada a presente Ata, que, após lida e achada conforme, será assinada eletronicamente pelos membros da banca examinadora.

Membros da Banca Examinadora:

Nome	Instituição	Situação no Programa
Prof ^ª . Dr ^ª . Carmen Rosa da Silva Curvelo	IF Goiano	Presidente
Prof. Dr. Alexandre Igor Azevedo Pereira	IF Goiano	Membra interno
Prof ^ª . Dr ^ª . Roberta Camargos de Oliveira	IF Goiano Campus Cristalina	Membra externa

Documento assinado eletronicamente por:

- Roberta Camargos de Oliveira, PROF ENSBAS TEC TECNOLOGICO-SUBSTITUTO, em 23/07/2024 10:39:59.
- Alexandre Igor de Azevedo Pereira, PROFESSOR ENS BASICO TECN TECNOLOGICO, em 19/07/2024 17:44:24.
- Carmen Rosa da Silva Curvelo, PROFESSOR ENS BASICO TECN TECNOLOGICO, em 19/07/2024 17:38:16.

Este documento foi emitido pelo SUAP em 16/07/2024. Para comprovar sua autenticidade, faça a leitura do QRCode ao lado ou acesse <https://suap.ifgoiano.edu.br/autenticar-documento/> e forneça os dados abaixo:

Código Verificador: 614831
Código de Autenticação: 512444ed63



INSTITUTO FEDERAL GOIANO

Campus Urutaí

Rodovia Geraldo Silva Nascimento, Km 2,5, SN, Zona Rural, URUTAÍ / GO, CEP 75790-000

(64) 34 65-1900

“Comece fazendo o que é necessário, depois o que é possível, e de repente você estará fazendo o impossível”

São Francisco de Assis

AGRADECIMENTOS

Primeiramente, expresso minha gratidão a Deus, a fonte de toda sabedoria e força que me sustentou ao longo de toda a jornada para completar este trabalho. A presença constante de Deus em minha vida foi o alicerce que me permitiu superar desafios, encontrar inspiração e perseverar nos momentos mais difíceis.

Também gostaria de agradecer profundamente a minha orientadora Dra. Carmen Rosa da Silva Curvelo e ao Dr. Alexandre Igor de Azevedo Pereira, cujo conhecimento e orientação foram essenciais para o sucesso deste trabalho. Suas sugestões, críticas construtivas e encorajamento foram inestimáveis para o meu desenvolvimento acadêmico e pessoal.

Não posso deixar de mencionar minha família e amigos, cujo apoio incondicional foi fundamental em todos os aspectos dessa jornada. Seu amor, paciência e incentivo foram um verdadeiro presente em minha vida, e sou grato por tê-los ao meu lado durante todo o processo.

Também desejo expressar minha gratidão a todos os professores e colegas que contribuíram com seus conhecimentos, insights e discussões enriquecedoras ao longo de minha trajetória acadêmica. Suas contribuições foram cruciais para expandir minha compreensão sobre o tema e melhorar a qualidade deste trabalho.

Gostaria de expressar minha profunda gratidão às empresas Koppert do Brasil e Laboratório de Geoprocessamento e Estudos Ambientais – LAGEAMB/UFPR, onde tive a oportunidade de trabalhar, assim como o Sistema FAEP/SENAR-PR, onde estou empregado atualmente. Sou extremamente grato por ter sido parte dessas organizações, onde pude adquirir experiência valiosa, desenvolver minhas habilidades profissionais e crescer como indivíduo. Agradeço aos meus colegas de trabalho, superiores e toda a equipe envolvida, que contribuíram para o meu crescimento e sucesso profissional.

Por último, mas não menos importante, sou grato a todas as pessoas que, de alguma forma, participaram dessa jornada comigo. Cada pessoa que compartilhou seu tempo, expertise, foi fundamental para o sucesso deste trabalho.

SUMÁRIO

RESUMO.....	ix
ABSTRACT.....	x
INTRODUÇÃO.....	11
MATERIAL E MÉTODOS.....	13
RESULTADOS E DISCUSSÃO	16
CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	19
AGRADECIMENTOS.....	20
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	21

RESUMO

Fungos entomopatógenos são importantes formas de controle de pragas com menor risco ambiental. Esse tipo de bioinsumo ainda é pouco avaliado quando consideramos a praga tripes em cultivos de ervilha no Brasil. A mistura binária dos fungos com silicato de potássio, na pré-aplicação, em sido apontada como promissora medida bioprotetora. Avaliamos os fungos parasitas *Beauveria bassiana* (Bb), *Metarhizium anisopliae* (Ma) e *Isaria fumosorosea* (Isa) contra tripes, em plantas de ervilha (var. Gallant), sob condições de campo. Os tratamentos foram dispostos através de um fatorial (3x2)+2, com três níveis do fator Fungos (Bb, Ma ou Isa), dois níveis do fator SilK (sem e com silicato de potássio) mais a adição de duas testemunhas: absoluta (apenas água) e uma positiva com profenofós+lufenurom. Os tripes foram amostrados por armadilhas adesivas amarelas aos 0, 3, 6, 9 e 12 dias após a aplicação dos tratamentos. A quantidade de tripes variou em função dos tratamentos aos 3, 6, 9 e 12 DAA. Aos 3 DAA o número de tripes foi superior na testemunha em relação aos demais tratamentos. Aos 6 DAA a testemunha e o tratamento com aplicação de *Metarhizium* apresentaram maiores quantidades de tripes em relação aos demais tratamentos. Aos 9 DAA o menor valor para a quantidade de tripes foi observado no tratamento Bb+SilK e aos 12 DAA essa resposta se manteve. A solução inovadora aqui apresentada pode melhorar a performance de fungos entomopatógenos aplicados sob condições de campo e deve ser considerada como uma opção a mais de manejo de tripes.

Palavras-chave: Ervilha, Thysanoptera, *Beauveria*, *Metarhizium*, *Isaria*, Manejo Integrado de Pragas.

ABSTRACT

Entomopathogenic fungi are important forms of pest control with less environmental risk. This type of bioinput is still poorly evaluated when we consider pest guts in pea crops in Brazil. The binary mixture of fungi with potassium silicate, during pre-application, was seen as promising a bioprotective measure. We evaluated the parasitic fungi *Beauveria bassiana* (Bb), *Metarhizium anisopliae* (Ma) and *Isaria fumosorosea* (Isa) against tripe, on Pea plants (var. Gallant), under field conditions. The treatments were negotiated through a factorial (3x2)+2, with three levels of the Fungi factor (Bb, Ma or Isa), two levels of the SilK factor (without and with potassium silicate) plus the addition of two controls: absolute (water only) and a positive result with profenofos+lufenuron. The casings were sampled using yellow sticky traps at 0, 3, 6, 9 and 12 days after application of the treatments. The quantity of casings varied depending on the treatments at 3, 6, 9 and 12 DAA. At 3 DAA the number of thrips was higher in the control compared to the other treatments. At 6 DAA, the control and the treatment with *Metarhizium* application presented greater quantities of casings compared to the other treatments. At 9 DAA the lowest value for the quantity of intestines was collected in the Bb+SilK treatment and at 12 DAA this response was maintained. The innovative solution presented here can improve the performance of entomopathogenic fungi applied under field conditions and should be considered as an additional option for casing management.

Keywords: Pea, Thysanoptera, *Beauveria*, *Metarhizium*, *Isaria*, Integrated Pest Management.

INTRODUÇÃO

Os tripses são controlados, principalmente, com produtos químicos sintéticos, o que tem se tornado problemático devido aos altos custos, riscos ambientais e alta habilidade desses insetos em adquirir resistência. Além disso, os inseticidas recomendados pelo MAPA do Brasil para controlar insetos vetores de vírus, como aqueles dos grupos químicos organofosforados e benzoiluréias, reduzem drasticamente as populações de inimigos naturais (Barros et al. 2015). A resistência a moléculas químicas tem sido relatada em *Thrips tabaci* (Gao et al. 2012) aumentando a busca por métodos mais sustentáveis para o Manejo Integrado de Pragas (MIP).

O controle biológico com bioinsumos de origem fúngica pode ser uma alternativa importante (Wu et al. 2013) em cultivos de ervilha. A irrigação por pivô central facilita a dispersão de fungos entomopatogênicos e, principalmente, a colonização dos tripses devido à manutenção da umidade no campo (Shah & Pell 2003, Mishra et al. 2015). Tais condições são favoráveis para colonizações fúngicas que se perpetuam horizontalmente no campo entre insetos vivos ou infectados por meio de cadáveres (Klinger et al. 2006). No entanto, o controle microbiológico de pragas depende de condições climáticas adequadas no campo (Koul 2011) com a necessidade de estudar produtos em misturas que possam aumentar a atividade biológica dos fungos, após pulverização foliar. Dessa forma, avaliamos o controle para tripses com base nos fungos parasitas *Beauveria bassiana*, *Metarhizium anisopliae* e *Isaria fumosorosea* em plantas de ervilha (var. Gallant), sob condições de campo. Adicionalmente, avaliamos a performance desses fungos em mistura na pré-aplicação com o indutor de resistência silicato de potássio. Para avaliar a hipótese de uma possível interação sinérgica entre fungos entomopatógenos e compostos silicatados, como previamente referenciado na literatura (Akbar et al. 2004, Gatarayiha et al. 2010, Anjum et al. 2014, Shakir et al. 2015).

O sinergismo entre produtos de origem silicatada e fungos parasitas de insetos tem sido demonstrado em uma ampla gama de interações, como a quebra de barreiras lipídicas na cutícula do inseto facilitando a penetração e colonização de fungos (Storm et al. 2016). Uma maior mortalidade do ácaro-rajado *Tetranychus urticae* (Koch) (Tetranychidae) foi relatada devido ao aumento da suscetibilidade a infecções em plantas mono e dicotiledôneas (Gatarayiha et al. 2010). Maior termotolerância a esporos de *B. bassiana* aumentando sua virulência e patogenicidade contra *Frankliniella occidentalis* Pergande (Thysanoptera: Thripidae) também foi relatada (Kim et al. 2014). Embora esses

resultados promissores envolvendo compostos silicatados aumentem o desempenho biológico de fungos entomopatogênicos contra insetos e ácaros, produtores de ervilha com finalidade ao processamento agroindustrial ainda desconhecem os benefícios desse tipo alternativo no controle.

MATERIAL E MÉTODOS

O estudo foi conduzido na Fazenda Morro do Peão (17° 17' 59" S latitude, 48° 16' 46" W longitude e 758 m de altitude) em Pires do Rio, sudeste do estado de Goiás, Brasil. A temperatura média durante o período experimental foi de $19 \pm 4^\circ\text{C}$, com umidade relativa do ar de $55 \pm 10\%$. A variedade da ervilha Gallant (Gallatin Valley Seed Company, Montana, USA) possui ciclo médio (69 dias), porte baixo (65 cm de altura média) e sementes lisas, de cor verde e tamanho da peneira de 3,5 mm.

O delineamento experimental foi em blocos casualizados com quatro repetições e oito tratamentos. Cada parcela experimental teve 2000 plantas e comprimento de 6 m por 5 m de largura, totalizando 30m^2 por parcela. O espaçamento foi de 5 cm x 30 cm, com plantio em fileiras simples. A distância entre parcelas experimentais, bem como entre blocos, foi de 10 m de largura para evitar contaminações fúngicas entre tratamentos, durante o período experimental.

Os tratamentos foram dispostos através de um fatorial $(3 \times 2) + 2$, com três níveis do fator Fungos (*Beauveria bassiana*, *Metarhizium anisopliae* e *Isaria fumosorosea*), dois níveis do fator SilK (sem e com silicato de potássio, SilK) mais a adição de dois tratamentos: testemunha absoluta (apenas água) e uma testemunha positiva (padrão fazenda, PF). Nesse último tratamento, ocorreu uma aplicação do inseticida profenofós+lufenurom, seguindo o manejo convencional preconizado pela fazenda e com recomendação de controle contra tripes, ácaros e lagartas. Dessa forma, os tratamentos foram: (T1) *Beauveria bassiana*, Bb (T2) *Metarhizium anisopliae*, Ma (T3) *Isaria fumosorosea*, Isa, (T4) Bb + silicato de potássio, SilK, em mistura binária na pré-aplicação, (T5) Ma + SilK, em mistura binária na pré-aplicação, (T6) Isa + SilK, em mistura binária na pré-aplicação, (T7) apenas água (testemunha absoluta) e (T8) o inseticida profenofós+lufenurom (testemunha positiva).

Boveril[®] Evo (Koppert do Brasil Holding LTDA, Piracicaba, SP, Brasil) (registro MAPA do Brasil nº 17520) com o isolado *Beauveria bassiana* PL 63 (2×10^9 conídios viáveis/g) (45 g/kg e 4,5% m/m) na formulação pó molhável (WP) foi a fonte de Bb utilizada. Classificação toxicológica 5 (pouco tóxico) e periculosidade ambiental classe 4 (pouco perigoso ao meio ambiente). A dose de Bb utilizada foi de $1,2 \text{ kg p.c. ha}^{-1}$ e volume de calda de 200 L ha^{-1} .

Metarril[®] WP E9 (Koppert do Brasil Holding LTDA, Piracicaba, SP, Brasil) (registro MAPA do Brasil nº 06605) com o isolado *Metarhizium anisopliae* (Metsch.)

Sorok. cepa E9 ($1,39 \times 10^8$ conídios viáveis/g) (50 g/kg e 5% m/m) foi a fonte de Ma. Na formulação pó molhável (WP) de classificação toxicológica categoria 5 (pouco tóxico) e periculosidade ambiental classe 4 (pouco perigoso ao meio ambiente). A dose de Ma foi de 750 g ha^{-1} e volume de calda de 250 L ha^{-1} .

Octane[®] (Koppert do Brasil Holding Ltda, Piracicaba, SP, Brasil) (registro MAPA do Brasil nº 30917) com o isolado *Isaria fumosorosea* cepa ESALQ-1296 ($2,5 \times 10^9$ conídios viáveis/mL) (85 g/L e 8,5% m/v) na formulação suspensão concentrada (SC) foi a fonte de Isa utilizada. Um produto sem classificação toxicológica e periculosidade ambiental classe 4 (pouco perigoso ao meio ambiente). A dose de Isa foi de $0,8 \text{ L p.c. ha}^{-1}$ com volume de calda de 250 L ha^{-1} .

O SilK foi o produto Silício Foliar comercializado pela empresa Solo Fértil SP Comercial Agrícola Ltda (São José do Rio Preto, SP, Brasil) (registro MAPA do Brasil nº 0944610000-9). O K_2SiO_3 utilizado possuía 12% de peso de silício (Si) e 15% de peso em potássio (K_2O). A dose do SilK foi de $0,4 \text{ L de } \text{K}_2\text{SiO}_3 \text{ } 100 \text{ L}^{-1}$ de água de acordo com recomendação do fabricante.

Um inseticida de contato, ingestão e fisiológico, sob mistura de fábrica entre o profenofós, 500 g/L (50% m/v) (organofosforado) e lufenurom 419,5 g/L (41,95% m/v) (benzoinuréia) foi utilizado para representar a testemunha positiva, também chamada de padrão fazenda (PF). É um inseticida do tipo concentrado emulsionável (EC) com registro MAPA nº 08100 e sob classificação toxicológica de categoria 4 (pouco tóxico) e periculosidade ambiental tipo 2 (muito perigoso ao meio ambiente). A dose utilizada do profenofós+lufenurom foi de 800 ml ha^{-1} com volume de calda de 150 L ha^{-1} . Possui classificação toxicológica IV (pouco tóxico) e periculosidade ambiental de nível II (muito perigoso ao meio ambiente).

Todos os tratamentos foram aplicados, via foliar, com pulverizador CO_2 pressurizado (2 L), com barra lateral de 3 m com seis pontas de pulverização cônicas (M 054), pressão de trabalho 30 libras pol^{-2} . O volume de calda para as misturas binárias entre fungos e o SilK seguiram as recomendações do fabricante para os fungos isolados. As pulverizações dirigidas ao terço superior das plantas de ervilha ocorreram ao final do dia, após as 17:00 horas, e foram realizadas uma única vez (aos 0 DAA). Os aplicadores utilizaram equipamentos de proteção individual (EPI), conforme legislação brasileira vigente. A aplicação dos tratamentos ocorreu no início da fase reprodutiva da ervilha, aos 40 dias após a germinação. Adicionalmente, fungicidas dos grupos cúpricos e alquilenobis (ditiocarbamato) foram utilizados de forma preventiva contra rizoctoniose e

mofo-branco.

Armadilhas adesivas amarelas (15 cm de largura e 10 cm de comprimento) (BioControle - Métodos de Controle de Pragas Ltda, Indaiatuba, SP, Brasil) foram utilizadas para amostragem dos tripes. Cada unidade experimental teve uma armadilha adesiva mantida imediatamente acima do terço superior das plantas da ervilha. A altura das armadilhas instaladas, em relação ao terço superior das plantas, foi periodicamente ajustada. A substituição das armadilhas em uso, por outras novas, ocorreu a cada três dias. No mesmo instante das coletas periódicas das armadilhas adesivas em campo, essas foram registradas em função do dia após a aplicação (DAA), tratamento e bloco. A aplicação única dos tratamentos, via pulverização foliar, ocorreu aos 0 DAA. Porém, a troca de armadilhas, a cada três dias, ocorreu aos 0, 3, 6, 9 e 12 DAA. Para as armadilhas substituídas aos 0 DAA, essas foram instaladas previamente, três dias antes, da aplicação dos tratamentos.

A quantidade de tripes coletados foi avaliada em função dos blocos, tratamentos e DAA. Os dados para a quantidade de tripes capturados foram plotados em gráficos do tipo BloxPlot para auxiliar na identificação de *outliers* e posterior eliminação. Adicionalmente, a normalidade foi verificada pelo teste de aderência de Lilliefors e, de forma complementar, pelo histograma obtido pelo software SAEG[®] (Ribeiro Junior & Melo 2009). Adicionalmente, avaliamos a significância, através de uma ANOVA com arranjo fatorial e tratamentos adicionais (3x2+2) dos fatores isolados Fungos e Silk e sob interação, comparando-os com os tratamentos adicionais (testemunha absoluta e testemunha). Todas as análises de regressão, ANOVA e testes de médias, além das figuras foram realizados no software SigmaPlot[®], versão 12.0 (Systat Software Inc., San Jose, CA, EUA).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A quantidade de tripes amostrados em plantas de ervilha variou em função dos tratamentos aos 3, 6, 9 e 12 DAA (Tabela 1). Aos 3 DAA o número de tripes foi superior na testemunha em relação aos demais tratamentos ($F= 22,25$, $P= 0,04$). Aos 6 DAA a testemunha e o tratamento com aplicação de *Metarhizium anisopliae* apresentaram maiores quantidades de tripes em relação aos demais tratamentos ($F= 652,32$, $P= 0,03$). Aos 9 DAA o menor valor para a quantidade de tripes foi observado no tratamento Bb+SilK ($F= 81,55$, $P= 0,04$) e aos 12 DAA ($F= 88,2$, $P= 0,03$) essa resposta se manteve (Tabela 1).

Tabela 1. Quantidade (média \pm EP¹) de tripes amostrados em plantas de ervilha submetidas aos tratamentos Bb (*Beauveria bassiana*), Ma (*Metarhizium anisopliae*), Isa (*Isaria fumosorosea*) isolados ou em mistura (pré-aplicação) com silicato de potássio K₂SiO₃ (Bb+SilK, Ma+SilK e Isa+SilK, respectivamente) mais a adição de dois tratamentos: testemunha absoluta (água) e testemunha positiva (denominado padrão fazenda, PF) com uma aplicação do inseticida profenofós+lufenurom

Tratamentos	Dias Após a Aplicação (DAA)				
	0	3	6	9	12
Bb	102 \pm 20,55 A	214 \pm 31,61 B	280 \pm 43,58 B	836 \pm 38,01 A	1171 \pm 55,72 A
Ma	105 \pm 19,34 A	230 \pm 34,77 B	382 \pm 48,81 A	579 \pm 35,59 C	1054 \pm 35,61 A
Isa	132 \pm 19,19 A	203 \pm 29,94 B	252 \pm 45,97 B	752 \pm 26,85 B	1075 \pm 48,86 A
Bb+SilK	112 \pm 12,45 A	188 \pm 47,16 B	220 \pm 36,08 B	592 \pm 47,57 C	683 \pm 12,50 C
Ma+SilK	129 \pm 15,44 A	178 \pm 47,02 B	258 \pm 34,10 B	948 \pm 119,04 A	890 \pm 33,00 B
Isa+SilK	130 \pm 29,35 A	201 \pm 53,44 B	238 \pm 40,22 B	852 \pm 106,27 A	930 \pm 61,91 B
Testemunha	133 \pm 29,68 A	354 \pm 49,41 A	402 \pm 43,63 A	1054 \pm 50,98 A	1057 \pm 12,12 A
PF	120 \pm 25,00 A	170 \pm 21,74 B	229 \pm 54,47 B	693 \pm 34,28 B	905 \pm 58,69 B

¹Médias seguidas pela mesma letra, dentro de cada coluna, não diferem entre si ao nível de 5% de probabilidade pelo teste de Tukey.

A mistura em pré-aplicação entre o SilK e *Beauveria bassiana* aparenta ter sido aquela com melhores resultados contra tripes, aumentando sua capacidade de infecção em comparação aos demais tratamentos. Vale salientar, inclusive, as baixas temperatura e umidade relativa do ar das nossas condições experimentais, o que desfavorece a atividade biológicas desses entomopatógenos (Bouamama et al. 2010) na pós-aplicação. Esses fatores abióticos inapropriados, atualmente, ainda são um grande gargalo para o uso de fungos parasitas de insetos, sob condições de campo (Vega 2018). Porém, a

esporulação dos conídios (um sintoma visual nítido do parasitismo fúngico) nesse inseto hospedeiro foi baixa. Com apenas 9,6% dos 1.896 indivíduos amostrados durante todo o período experimental.

A maior quantidade de tripes amostrados sem infecção fúngica visível no presente estudo (90,40% dos insetos capturados) implica que, possivelmente, fatores inerentes à arquitetura da planta de ervilha e condições climáticas (desfavoráveis aos fungos) podem ter contribuído para as baixas infecções, independente das espécies de entomopatógenos avaliadas. As plantas de ervilha possuem folhas modificadas, com folíolos terminais convertidos em gavinhas que tem largura bem menor e, dessa forma, menor área foliar para cobertura do solo. E isso pode ter facilitado na maior penetração de radiação UV, maior evaporação e, dessa forma, menor manutenção da umidade ao longo dos terços inferior, mediano e superior dessa planta. A conidiogênese fúngica é dependente da umidade relativa e decai com maior exposição à radiação UV (Vega 2018), mas varia também em função do isolado do fungo, espécie e fase do hospedeiro, além do tempo (Sosa-Gómez & Alves 2000). Apesar dessa complexidade, podemos afirmar que as condições climáticas encontradas no nosso ensaio ($19 \pm 4^\circ\text{C}$ e $55 \pm 10\%$ de temperatura e UR, respectivamente) tenham sido mais favoráveis ao cultivo de ervilha (Nascimento et al. 2016) do que aos entomopatógenos, principalmente para aqueles pulverizados sem Silk. Salientamos também que a quantidade de tripes considerados como infectados, devido ao pleno crescimento visual micelial nos cadáveres desses insetos, pode ter sido subestimada e terem até sido potencialmente maiores do que as relatadas aqui.

A significância do fator isolado Fungo comprovou que as espécies avaliadas diferiram com relação à sua eficiência sob condições de campo. Uma menor quantidade de tripes amostrados nos tratamentos com *Beauveria bassiana* (Bb) e silicato de potássio em comparação ao *Metarhizium anisopliae* (Ma) e *Isaria fumosorosea* (Isa) apontou a maior capacidade de infectividade daquele primeiro.

Comprovamos também que o indutor de resistência Silk possui relevância na relação fungo-hospedeiro aqui investigada. Pois quando consideramos a significância do fator isolado Silk, a sua ausência foi determinante para maiores quantidades de tripes que amostramos. Estudos têm comprovado a importância de produtos silicatados como indutor de resistência vegetal de forma física e isso é prevalente contra insetos sugadores e transmissores de viroses (Leroy et al. 2019). A significância entre o arranjo fatorial e as testemunhas demonstrou, de certa forma, que a aplicação de fungos entomopatógenos sob condições de campo contra tripes em ervilha apresentou eficiência superior ao inseticida

profenofós+lufenurom utilizado como padrão fazenda (PF). E isso amplia as oportunidades para a adoção de um programa de Manejo Integrado de Pragas naquela planta. A presença de interação significativa entre os fungos utilizados em mistura de calda com o Silk sugere que esse último possa estar servindo como indutor de resistência abiótica aos conídios, pois nossas condições ambientais foram desfavoráveis aos parasitas, como já discutido. O uso de compostos silicatados associados com fungos parasitas para controle de insetos e ácaros tem sido referenciada como eficiente (Akbar et al. 2004, Gatarayiha et al. 2010, Anjum et al. 2014, Shakir et al. 2015).

Além disso, compostos silicatados podem conferir maior termotolerância aos conídios fúngicos aumentando sua atividade biológica no campo. Bell & Hamalle (1974) reportaram que esporos dos fungos *B. bassiana*, *Metarrhizium anisopliae* e *Spicaria rileyi* mantiveram sua virulência em insetos após três anos armazenados a -20°C em tubos contendo cristais de sílica gel (um produto sintético, produzido pela reação de silicato de sódio e ácido sulfúrico) em comparação com aqueles sem sílica gel. E Kim et al. (2014) também confirmaram maior termotolerância mediada por compostos silicatados, através da retenção de umidade, para *Isaria fumosorosea*. Apesar de não termos avaliado essa premissa experimentalmente, embora haja fortes evidências como aquelas acima reportadas, a maior resistência aos fungos aplicados sob condições de campo em mistura com Silk pode ter sido o motivo para o evidente sinergismo observado.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

A mistura na pré-aplicação entre o SilK e o fungo *Beauveria bassiana* foi o tratamento com menor quantidade de tripes em plantas de ervilha, sob condições de campo.

Cerca de 90,40% dos tripes amostrados em plantas de ervilha não apresentaram infecção fúngica, após sua coleta por armadilhas adesivas, sugerindo que fatores inerentes à arquitetura da planta de ervilha e condições climáticas podem ter contribuído para essas baixas infecções, independente das espécies de entomopatógenos avaliadas.

O indutor de resistência SilK possui relevância na relação fungo-hospedeiro aqui investigada. Pois quando consideramos a significância do fator isolado SilK, a sua ausência foi determinante para menores quantidades de tripes.

AGRADECIMENTOS

Ao CNPq e ao IF Goiano (Campus Urutaí) pela concessão de apoio financeiro em forma de bolsas de estudo. A equipe de alunos do curso Técnico em Agropecuária e Bacharelado em Agronomia do Campus Urutaí que auxiliaram na execução das atividades de campo. À empresa Koppert do Brasil Holding LTDA pela concessão dos produtos avaliados. À Mestre em Proteção de Plantas, Eng. Agrônoma Fernanda de Souza Ferreira, e ao Ricardo Santinoni pelo apoio e confiança para a execução desse projeto em sua área de produção. À empresa Solo Fértil SP Comercial Agrícola Ltda pela concessão do Silicato de Potássio. À empresa Conservas Oderich SA, em nome do Eng. Agrônomo Amim Cozac, pelo apoio técnico. Ao Programa de Pós-Graduação em Proteção de Plantas do Instituto Federal Goiano, Campus Urutaí, pelo incentivo.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Akbar W, Lord JC, Nechols JR & Howard RW. 2004. Diatomaceous earth increases the efficacy of *Beauveria bassiana* against *Tribolium castaneum* larvae and increases conidia attachment. *Journal of Economic Entomology*. 97: 273-280.

Anjum NA, Shakir HU & Ahmed Z. 2014. Potential use of the entomopathogenic fungus *Beauveria bassiana* (Ascomycota: Hypocreales), in combination with Imidacloprid and potassium silicate, for the control of *Sogatella furcifera* Horvath (Homoptera: Delphacidae). *Journal of Global Innovations in Agricultural and Social Sciences*. 2: 1-5.

Barros EC, VV Hudson, PC Gontijo, RR Pereira & MC Picanço. 2015. Ecotoxicological study of insecticide effects on arthropods in common bean. *Journal of Insect Science* 15: 1-9

Bell JV & Hamalle RJ. 1974. Viability and pathogenicity of entomogenous fungi after prolonged storage on silica gel at -20°C. *Canadian Journal of Microbiology*. 20: 639-642.

Bouamama N, C Vidal, J Fargues. 2010. Effects of fluctuating moisture and temperature regimes on the persistence of quiescent conidia of *Isaria fumosorosea*. *Journal of Invertebrate Pathology*. 105: 139-144.

Gao Y, Z Lei & SR Reitz. 2012. Western flower thrips resistance to insecticides: Detection, mechanisms and management strategies. *Pest Management Science* 68: 1111-1121.

Gatarayiha MC, MD Laing & RM Miller. 2010. Combining applications of potassium silicate and *Beauveria bassiana* to four crops to control two spotted spider mite, *Tetranychus urticae* Koch. *International Journal of Pest Management* 56: 291-297.

Kim JC, MR Lee, S Kim, SJ Lee, SE Park, S Baek, L Gasmi, TY Shin, JS Kim. 2019. Long-term storage stability of *Beauveria bassiana* ERL836 granules as fungal biopesticide. *Journal of Asia-Pacific Entomology* 22: 537-542.

Klinger E, E Groden & F Drummond. 2006. *Beauveria bassiana* horizontal infection between cadavers and adults of the Colorado potato beetle, *Leptinotarsa decemlineata* (Say). *Environmental Entomology* 35: 992-1000.

Koul O. 2011. Microbial biopesticides: opportunities and challenges. *CAB Reviews: Perspectives in Agriculture, Veterinary Science, Nutrition and Natural Resources* 6: 056.

Leroy N, Tombeur F, Walgra Y, Cornélis JT, FJ Verheggen. 2019. Silicon and plant natural defenses against insect pests: impact on plant volatile organic compounds and cascade effects on multitrophic interactions. *Plants*. 8: 444. doi:10.3390/plants8110444

Mishra RK, RK Jaiswal, D Kumar, PR Saabale & A Singh. 2014. Management of major diseases and insect pests of onion and garlic: A comprehensive review. *Journal of Plant Breeding and Crop Science* 6: 160-170.

Nascimento WM, Silva PP, Freitas RA & Boiteux LS. 2016. Ervilha. 17-57p. *In: Hortaliças Leguminosas*. Nascimento WM (Editor Técnico). 2016. Embrapa Hortaliças. Brasília - DF. 232p.

Shah PA & JK Pell. 2003. Entomopathogenic fungi as biocontrol agents. *Applied Microbiology and Biotechnology* 61: 413-423.

Shakir HU, Saeed M, Anjum NA, Farid A, Khan IA, Liaquat M & Badshah T. 2015. Combined effect of entomopathogenic fungus (*Beauveria bassiana*, imidacloprid and potassium silicate against *Cnaphalocrocis medinalis* Guenée (Lepidoptera: Pyralidae) in rice crop. *Journal of Entomology and Zoology Studies*. 3: 173-177.

Sosa-Gómez DR & Alves SB. 2000. Temperature and relative humidity requirements for conidiogenesis of *Beauveria bassiana* (Deuteromycetes: Moniliaceae). *Anais da Sociedade Entomológica do Brasil*. 29: 515-521.

Storm C, F Scoates, A Nunn, O Potin & A Dillon. 2016. Improving efficacy of *Beauveria bassiana* against stored grain beetles with a synergistic co-formulant. *Insects* 7: 1-14.

Vega FE. 2018. The use of fungal entomopathogens as endophytes in biological control: a review. *Mycologia*. 110: 4-30.

Wu S, Y Gao, X Xu, Y Zhang, J Wang, Z Lei & G Smagghe. 2013. Laboratory and greenhouse evaluation of a new entomopathogenic strain of *Beauveria bassiana* for control of the onion thrips *Thrips tabaci*. *Biocontrol Science and Technology* 23: 794-802.