

**INSTITUTO FEDERAL GOIANO DE EDUCAÇÃO CIÊNCIA E
TECNOLOGIA CAMPUS URUTAÍ**

MYCHELLE PIRES BARBOSA

CONTROLE MICROBIOLÓGICO DE TRIPES EM ALHO

**URUTAÍ - GOIÁS
2021**

MYCHELLE PIRES BARBOSA

CONTROLE MICROBIOLÓGICO DE TRIPES EM ALHO

Trabalho de Curso apresentado ao IF Goiano
Câmpus Urutaí como parte das exigências do
Curso de Graduação em Agronomia para
obtenção do título de Bacharel em
Agronomia.

Orientador: Prof^ª. Dr. Alexandre Igor de
Azevedo Pereira.

URUTAÍ - GOIÁS
2021

MYCHELLE PIRES BARBOSA

CONTROLE MICROBIOLÓGICO DE TRIPES EM ALHO

Monografia apresentada ao IF Goiano
Campus Urutaí como parte das exigências
do Curso de Graduação em Agronomia
para obtenção do título de Bacharel em
Agronomia.

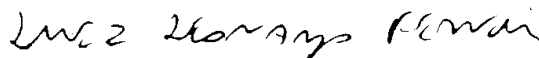
Aprovada em 19, fevereiro, 2021



Prof. Dr. Alexandre Igor Pereira de Azevedo
(Orientador e Presidente da Banca Examinadora)
Instituto Federal Goiano – Campus Urutaí



Prof.ª Dra. Carmen Rosa da Silva Curvêlo
Instituto Federal Goiano – Campus Urutaí



Prof. Dr. Luiz Leonardo Ferreira
UNIFIMES

URUTAÍ - GOIÁS
2021

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

Barbosa, Mychelle Pires
BM595c Controle microbiológico de tripes em alho /
Mychelle Pires Barbosa; orientador Alexandre Igor
Azevedo Pereira. -- Urutaí, 2021.
18 p.

TCC (Graduação em Bacharelado em Agronomia) --
Instituto Federal Goiano, Campus Urutaí, 2021.

1. Allium sativum. 2. controle biológico. 3. fungo
entomopatogênico. 4. mistura. 5. silício. I. Pereira,
Alexandre Igor Azevedo, orient. II. 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 9.610/98, AUTORIZO o Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Goiano, a disponibilizar gratuitamente o documento no Repositório Institucional do IF Goiano (RIIF Goiano), sem ressarcimento de direitos autorais, conforme permissão assinada abaixo, em formato digital 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 | <input type="checkbox"/> Artigo Científico |
| <input type="checkbox"/> Dissertação | <input type="checkbox"/> Capítulo de Livro |
| <input type="checkbox"/> Monografia – Especialização | <input type="checkbox"/> Livro |
| <input checked="" type="checkbox"/> TCC - Graduação | <input type="checkbox"/> Trabalho Apresentado em Evento |
| <input type="checkbox"/> Produto Técnico e Educacional - Tipo: _____ | |

Nome Completo do Autor: Mychelle Pires Barbosa
Matrícula: 2017101200240245
Título do Trabalho: Controle microbiológico de tripes em alho

Restrições de Acesso ao Documento

Documento confidencial: Não Sim. Dados oriundos de apoio com instituição privada.

Informe a data que poderá ser disponibilizado no RIIF Goiano: 10/12/2021

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;
- obteve autorização de quaisquer materiais inclusos no documento do qual não detém os direitos de autor/a, 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;
- 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.
-

Urutaí, estado de Goiás, 04/06/2021

Ciente e de acordo:



Assinatura do Autor e/ou Detentor
dos Direitos Autorais



Assinatura do(a) orientador(a)

DEDICATÓRIA

Aos meus pais Vicente e Dagma,

Aos meus irmãos Vinicius e Daniel.

*A todos que contribuíram com muito carinho e apoio
e não mediram esforços para que eu chegasse até
esta etapa de minha vida.*

Dedico.

AGRADECIMENTOS

Primeiramente a Deus que permitiu que tudo isso acontecesse, ao longo de minha vida, e não somente nestes anos como universitária, mas que em todos os momentos, é o maior mestre que alguém pode conhecer.

A esta universidade, seu corpo docente, direção e administração que oportunizaram a janela que hoje vislumbro um horizonte superior, e pela confiança no mérito e ética aqui presentes.

Ao meu orientador Alexandre Igor, que me indicou o melhor caminho e acreditou na minha capacidade, e pelo suporte no pouco tempo que lhe coube, pelas suas correções e incentivos.

Aos meus pais e irmãos, pelo amor, incentivo e apoio incondicional, sem eles nada seria possível.

E a todos, como amigos, colegas, que direta ou indiretamente fizeram parte da minha formação, o meu muito obrigado.

SUMÁRIO

RESUMO	7
ABSTRACT	8
INTRODUÇÃO	9
MATERIAL E MÉTODOS	10
RESULTADOS E DISCUSSÃO	12
CONCLUSÃO	14
REFERÊNCIAS	15

CONTROLE MICROBIOLÓGICO DE TRIPES EM ALHO

Mychelle Pires Barbosa⁽¹⁾, Alexandre Igor de Azevedo Pereira⁽¹⁾

⁽¹⁾Instituto Federal Goiano Câmpus Urutaí, Rodovia Prof. Geraldo Silva Nascimento, Km 2,5, s/n, CEP 75790-000 Urutaí, GO, Brasil. E-mail: mychelleagro@gmail.com, aiapereira@yahoo.com.br

Resumo – *Thrips tabaci* Lindeman (Thysanoptera: Thripidae), uma praga mundial, transmite vírus a uma ampla variedade de plantas, incluindo alho. Prevalecem os agrotóxicos de amplo espectro para o controle dessa praga, mas as falhas no controle e a contaminação ambiental motivam a busca por abordagens de controle mais sustentáveis. Foi avaliada a mistura binária entre o fungo entomófago *Beauveria bassiana* (Bb) e o indutor de resistência de plantas silicato de potássio (KSil), ambos subutilizados para o manejo de populações de tripes. Os experimentos de campo aberto foram realizados por três anos agrícolas consecutivos (2017, 2018 e 2019) com plantas de alho (cv. Ito). Adultos de *Thrips tabaci* foram amostrados com armadilhas adesivas, quinzenalmente, do 25º ao 100º dia após a germinação do bulbo (DAG). Bb + KSil no último ano de avaliação (2019) foi o melhor tratamento, mantendo a população de *T. tabaci* abaixo do limite de controle brasileiro. Este resultado supera a estabilidade do Bb + KSil em toda a avaliação. A mistura entre Bb e KSil deve ser destacada para o manejo de *T. tabaci* em plantas de alho, e fornece informações para o avanço do MIP em alho no estado de Goiás.

Palavras-Chaves: *Allium sativum*, controle biológico, fungo entomopatogênico, mistura, silício, tripes.

MICROBIOLOGICAL CONTROL OF THRIPS IN GARLIC

Mychelle Pires Barbosa⁽¹⁾, Alexandre Igor de Azevedo Pereira⁽¹⁾

⁽¹⁾Instituto Federal Goiano Câmpus Urutaí, Rodovia Prof. Geraldo Silva Nascimento, Km 2,5, s/n, CEP 75790-000 Urutaí, GO, Brasil. E-mail: mychelleagro@gmail.com, aiapereira@yahoo.com.br,.

Abstract - *Thrips tabaci* Lindeman (Thysanoptera: Thripidae), a worldwide pest, transmits viruses to a wide variety of plants, including garlic. Broad-spectrum pesticides for the control of this pest prevail, but failures in control and environmental contamination motivate the search for more sustainable control approaches. The binary mixture between the entomophagous fungus *Beauveria bassiana* (Bb) and the resistance inducer of potassium silicate plants (KSil) was evaluated, both underutilized for the management of thrips populations. The open field experiments were carried out for three consecutive agricultural years (2017, 2018 and 2019) with garlic plants (cv. Ito). Bb + KSil in the last year of evaluation (2019) was the best treatment, keeping the *T. tabaci* population below the Brazilian control limit. This result exceeds the stability of Bb + KSil throughout the evaluation. The mixture between Bb and KSil should be highlighted for the management of *T. tabaci* in garlic plants, and provides information for the advance of MIP in garlic in the state of Goiás.

Keywords: *Allium sativum*, biological control, entomopathogenic fungus, mixture, silicon, thrips.

INTRODUÇÃO

Populações de *Thrips tabaci* apresentam baixa diversidade, devido ao estilo de reprodução de telítoco, conforme relatado na China continental (Li et al. 2020). Esse recurso acelera a evolução da resistência devido à baixa variabilidade genética envolvida (Li et al. 2015). Pesticidas de amplo espectro são o método de controle mais comum contra *T. tabaci* (Gill et al. 2015). O comércio brasileiro de venda e uso de inseticidas é um dos maiores do mundo (Oliveira et al. 2014) e as populações de tripses estão sendo selecionadas para resistência. Casos de resistência genética induzida, por uso de inseticidas, foram relatados com 112 registros para populações de *T. tabaci* em todo o mundo (APRD, 2020). Além disso, os inseticidas recomendados pelo Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA) do Brasil, como o clorfenapir (grupo químico análogo ao pirazol), reduzem drasticamente as populações de inimigos naturais (Barros et al. 2015), além de serem tóxicos aos polinizadores (Costa et al. 2014). O contexto de *T. tabaci*, como uma praga agrícola de difícil controle, somado ao fato de os tratamentos à base de inseticidas estarem falhando, reforça a busca por métodos mais sustentáveis, de acordo com as práticas de Manejo Integrado de Pragas (MIP).

O sinergismo entre produtos à base de silicato e fungos parasitas de insetos foi relatado com uma ampla gama de interações, como a quebra de barreiras lipídicas da cutícula do hospedeiro facilitando a penetração e colonização de fungos (Storm et al. 2016). A mistura de *Beauveria bassiana* mais silicato de potássio aumentou a mortalidade do ácaro rajado *Tetranychus urticae* (Koch) (Tetranychidae) (Gatarayiha et al. 2010). A virulência de esporos de *B. bassiana*, *Metarhizium anisopliae* e *Spicaria rileyi* contra *Trichoplusia ni* (Hübner) e *Heliothis zea* (Boddie) (Lepidoptera: Noctuidae) não reduziu após três anos de armazenamento a -20 °C em meio de sílica gel (Bell e Hamalle, 1974). Alta termotolerância ao micoparasita *Isaria fumosorosea* foi encontrada após suas misturas de pó de conídios secos com cloreto de cálcio, sílica gel, sulfato de magnésio, carvão branco e sulfato de sódio (Kim et al. 2014). Compostos silicatados *per se* podem oferecer vantagens, em termos de proteção vegetal, por atuarem por polimerização em camadas superficiais de vegetais. Isto foi sugerido como uma estratégia defensiva mecânica preliminar contra estressores bióticos de plantas, tais como patógenos (Oliveira et al. 2019) e insetos (Alhousari e Greger, 2018).

Os compostos à base de silicatos podem aumentar a persistência e virulência de fungos entomopatogênicos após aplicações foliares, aumentando sua eficiência contra tripses, o que precisa ser melhor avaliado em plantas de alho. Ensaios de campo, por três anos consecutivos (2017, 2018 e 2019), foram realizados para avaliar a eficiência da mistura entre *Beauveria bassiana* e silicato de potássio (K₂SiO₃) para o controle de *Thrips tabaci*.

MATERIAL E MÉTODOS

O ensaio foi realizado na Fazenda Paineiras, município de Campo Alegre de Goiás, Goiás, Brasil. Bulbos de sementes de alho nobre (cv. Ito) foram adquiridos de viveiros certificados no município de Curitiba, SC, Brasil. Esses bulbos foram armazenados em câmara fria entre 2 e 4 °C e umidade relativa de 50 a 60% por 55 dias, por meio de vernalização. Esse processo é necessário para que os bulbos das sementes atinjam o IVG (Índice de Velocidade de Germinação) acima de 70% (Marodin et al. 2019).

O delineamento experimental foi em blocos casualizados com quatro repetições e cada parcela experimental teve quatro fileiras duplas com 30 cm entre as fileiras duplas, 10 cm entre fileiras simples e 10 cm entre plantas (30 cm x 10 cm x 10 cm). O comprimento e a largura das camas eram de cinco e dois metros, respectivamente. Foi utilizada uma bordadura de 2 m de comprimento, por unidade experimental entre parcelas adjacentes. Os blocos experimentais foram espaçados 3 m entre si.

Os tratamentos *Beauveria bassiana* (Bb) (T1), Silicato de potássio (KSil) (T2), clorfenapir, (T3), Bb + KSil (mistura) (T4) e controle, (T5) foram aplicados com pulverizador de CO₂ pressurizado (25 L), com barra lateral de 2 m com quatro pontas de pulverização cônicas (M 054) e pressão de trabalho de pulverização de 35 lb pol⁻². O volume de calda para o Bb foi de 200 L ha⁻¹ e 1000 L ha⁻¹ para o inseticida clorphenapyr, conforme recomendações técnicas. As pulverizações, nas plantas de alho como um todo até o ponto de escoamento, ocorreram no final do dia, por volta das 17 horas. Os aplicadores utilizaram equipamentos de proteção individual, conforme legislação brasileira vigente.

A fonte de Bb foi o produto comercial BeauveControl[®] (Simbiose[®], Cruz Alta, RS, Brasil) a partir do isolado IBCB 66 (2 x 10⁹ UFC g⁻¹) na formulação em pó molhável (WP). O Bb possui classificação toxicológica IV (baixa toxicidade) e classe de risco ambiental IV (baixo risco ao meio ambiente) e foi aplicado na dose de 2,5g de Bb L⁻¹ de água. A fonte de Silicato de Potássio (KSil) foi o silício foliar da empresa Solo Fértil SP Comercial Agrícola Ltda (São José do Rio Preto, SP, Brasil) O produto silicato de potássio (K₂SiO₃) possui 12% de silício (Si) e 15% de potássio (K₂O). A dose de KSil foi de 0,4 L 100 L⁻¹ de água conforme recomendação técnica. Clorfenapir é um inseticida-acaricida do grupo análogo do pirazol (BASF SE, SP, Brasil), formulação em suspensão concentrada (SC) e 240 g L⁻¹ de princípio ativo. Está registrado no MAPA do Brasil para o controle de *T. tabaci* na cultura do alho, com classificação toxicológica IV (baixa toxicidade) e nível II de risco ambiental (muito perigoso para o meio ambiente). A dose de clorphenapyr foi de 80 mL por 100 mL⁻¹ de água (xarope de 1000 L ha⁻¹). As aplicações quinzenais, isoladas ou em mistura, dos tratamentos foram direcionadas

às plantas de alho, do 25º ao 100º dia após a germinação das plantas (DAG) por unidade experimental.

Os dados discretos foram inicialmente submetidos à análise de variância para delineamento de blocos completos casualizados com suas médias separadas pelo teste de amplitude múltipla de Duncan ($P= 0,05$) utilizando o procedimento GLM do SAS (SAS Institute Inc.) (Cary, Carolina do Norte, EUA). A contagem de tripes foi baseada em dados transformados em $\log(x + 1)$. Gráficos do tipo Bloxplot foram criados para auxiliar na identificação e eliminação de outliers. As figuras foram preparadas no SigmaPlot® versão 11 (Systat Software Inc.) (San Jose, CA, EUA). Realizamos uma ANOVA two-way regular (PROC GLM) considerando os dois fatores (anos e tratamentos) para avaliar possíveis diferenças no número de tripes planta⁻¹ e também para avaliar a estabilidade dos tratamentos testados ao longo dos anos. Este tipo de ANOVA examina a influência de duas variáveis independentes categóricas em relação a uma dependente contínua (Vargas et al. 2015), incluindo o efeito principal de cada variável independente e as possíveis interações.

O teste de amplitude múltipla de Duncan foi realizado após a identificação de significância entre fatores isolados e independentes (anos e tratamentos). Esse teste foi escolhido porque busca, em primeiro lugar, a significância do conjunto de médias amostrais com maior amplitude e, sequencialmente, a dos conjuntos com menor amplitude (Hamada, 2018). Este teste é adequado para análises devido às possíveis amplitudes entre as populações de tripes planta⁻¹ nos anos e tratamentos, uma vez que as populações de *T. tabaci* foram provenientes de infestações naturais. As variáveis independentes avaliadas (anos e tratamentos) apresentaram interação, mas os resultados dos testes médios foram apresentados apenas por ano, entre os tratamentos (Figura 1). Este procedimento teve como objetivo simplificar a interpretação dos dados e evidenciar o declínio da estabilidade do inseticida ao longo dos anos. As razões pelas quais isso aconteceu foram discutidas.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

O número de tripes planta⁻¹ foi menor nos tratamentos com clorphenapyr e com a mistura (Bb + KSil) (Figura 1A e B) nas safras 2017 e 2018, mas apenas com Bb + KSil em 2019 (Figura 1C). A mistura binária Bb + KSil foi o único tratamento que manteve, ao longo dos três anos consecutivos, o nível populacional de *T. tabaci* abaixo do nível de controle para esta praga na cultura do alho no Brasil (20 tripes planta⁻¹). O número de tripes planta⁻¹, nos tratamentos Bb e KSil, ambos isolados, foi maior, independente do ano agrícola, em relação àqueles com melhores respostas de controle (clorphenapyr e Bb + KSil), porém, o Bb e o KSil proporcionaram melhores respostas de controle em relação ao controle (Figuras 1A, B e C). Em 2019 e 2018, o número de tripes amostrados foi maior no tratamento de controle ($20,99 \pm 2,50$ e $19,89 \pm 1,90$ tripes planta⁻¹, respectivamente) do que em 2017 ($16,86 \pm 2,00$ tripes planta⁻¹) (2017) (Figura 1).

O silicato de potássio potencializando o efeito entomopatígeno do fungo *Beauveria bassiana* é um avanço para o manejo de transmissores de vírus, como *T. tabaci*, bem como para aplicações microbianas foliares, em condições de campo aberto. A radiação ultravioleta, do sol, pode reduzir a eficiência de insetos-parasitas, como em *B. bassiana* (Zaki et al. 2020) e a eficiência de certos protetores e aditivos, como os de óleo mineral ou parafínico, carece de mais estudos (Fernandes et al. 2015). Componentes de natureza não gordurosa, como o silicato de potássio (totalmente solúvel em água), facilitam a preparação de misturas fitossanitárias para aplicações no campo. As misturas em tanques são uma prática mundialmente estabelecida, mas a compatibilidade muda com a natureza química dos ingredientes (Gandini et al. 2020). A maioria dos produtos usados como protetores e/ou aditivos em sprays com fungos entomopatogênicos são inertes para a planta, mas isso não é verdade para produtos de silicato. A polimerização do silício nas camadas superficiais dos vegetais é um dos primeiros mecanismos de defesa contra fungos patogênicos (Oliveira et al. 2019) e a lignificação desses polímeros de silicato constitui uma barreira física contra insetos sugadores e mastigadores (Alhousari e Greger, 2018).

Números menores de tripes planta⁻¹ no tratamento com Bb + KSil do que com clorfenapir no último ano de avaliação (2019) podem indicar indução de resistência genética, o que necessita de mais confirmação. Inseticidas à base de clorfenapir foram associados a casos de resistência para *Frankliniella occidentalis* (Pergande) (Thysanoptera: Thripidae) (Gao et al. 2012) e o ácaro *T. urticae* (Attia et al. 2015), mas sem relatos para *T. tabaci* (ABRD, 2020). As perdas de eficiência do controle do clorphenapyr em aplicações de campo podem indicar indução de resistência genética em *T. tabaci* com abundantes haplótipos telítocos em todo o

mundo (Li et al. 2020). A perda de eficiência do inseticida lambda-cialotrina em 2005 contra *T. tabaci*, em áreas produtoras de cebola no estado de Nova York (EUA), foi associada a um grande aumento populacional desse inseto entre os anos de 2004 e 2005 (Shelton et al. 2006). O aumento da população de *T. tabaci* em torno de 30% entre 2017 e 2019 e redução com a mistura Bb + KSil, mesmo no ano de maior aumento desse inseto, sugere que o uso do clorfenapir no manejo dessa praga deve ser melhor avaliada.

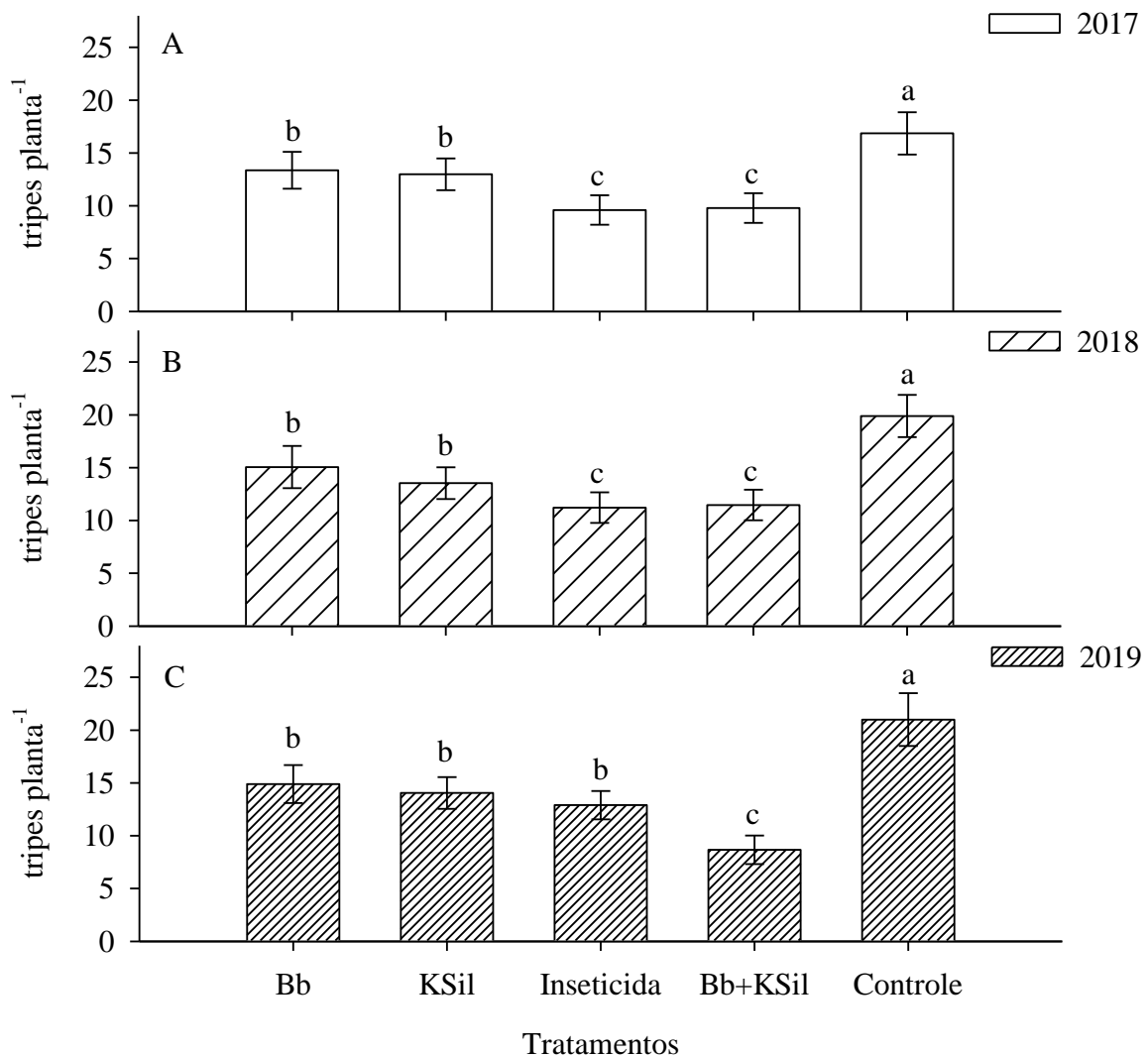


Figura 1. Número de tripses planta⁻¹ (Média ± SE¹) nos anos agrícolas de 2017 (A), 2018 (B) e 2019 (C) em plantas de alho (cv. Ito) por tratamento: Bb (*Beauveria bassiana*), KSil (silicato de potássio), Inseticida (clorfenapir), Bb + KSil (mistura) e controle (água). ¹Médias seguidas da mesma letra, por ano, não diferem pelo teste de Duncan ($P = 0,05$).

CONCLUSÃO

A pulverização foliar com misturas binárias de *Beauveria bassiana* (Bb) e silicato de potássio (KSil) reduziu o número de indivíduos de *T. tabaci*, em plantas de alho, com maior eficiência no terceiro ano consecutivo em relação ao inseticida clorfenapir. Tal estabilidade é altamente desejável para proteção de plantas contra insetos transmissores de vírus. Bb nem KSil são rotineiramente usados para o manejo de tripes em plantas de alho, mas a maior eficiência de sua mistura deve ser considerada no contexto das práticas de Manejo Integrado de Pragas, bem como para a formulação de micoinseticidas mais eficientes.

REFERÊNCIAS

Alhousari, F., Greger, M., 2018. Silicon and mechanisms of plant resistance to insect pests. *Plants*. 7, 33. <https://doi.org/10.3390/plants7020033>

APRD, 2020. Arthropod Pesticide Resistance Database. <https://www.pesticideresistance.org/> (accessed 25 Dezembro 2020).

Barros, E.C., Hudson, V.V., Gontijo, P.C., Pereira, R.R., Picanço, M.C., 2015. Ecotoxicological study of insecticide effects on arthropods in common bean. *J. Insect Sci.* 15, 1–9. <https://doi.org/10.1093/jisesa/ieu172>

Bell, J.V., Hamalle, R.J., 1974. Viability and pathogenicity of entomogenous fungi after prolonged storage on silica gel at -20°C . *Can. J. Microbiol.* 20, 639–642. <https://doi.org/10.1139/m74-098>

Costa, E.M., Araujo, E.L., Maia, A.V.P., Silva, F.E.L., Bezerra, C.E.S., Silva, J.G., 2014. Toxicity of insecticides used in the Brazilian melon crop to the honey bee *Apis mellifera* under laboratory conditions. *Apidologie* 45, 34–44. <https://doi.org/10.1007/s13592-013-0226-5>

Fernandes, E.K.K., Rangel, D.E.N., Braga, G.U.L., Roberts, D.W., 2015. Tolerance of entomopathogenic fungi to ultraviolet radiation: a review on screening of strains and their formulation. *Curr. Genet.* 61, 427–440. <https://doi.org/10.1007/s00294-015-0492-z>

Gandini, E.M.M., Costa, E.S.P., Santos, J.B., Soares, M.A., Barroso, G.M., Corrêa, J.M., Carvalho, A.G., Zanuncio, J.C., 2020. Compatibility of pesticides and/or fertilizers in tank mixtures. *J. Clean. Prod.* 268, 122152. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2020.122152>

Gao, Y., Lei, Z., Reitz, S.R., 2012. Western flower thrips resistance to insecticides: Detection, mechanisms and management strategies. *Pest Manag. Sci.* 68, 1111–1121. <https://doi.org/10.1002/ps.3305>

Gatarayiha, M.C., Laing, M.D., Miller, R.M., 2010. Combining applications of potassium silicate and *Beauveria bassiana* to four crops to control two spotted spider mite, *Tetranychus urticae* Koch. *Int. J. Pest Manag.* 56, 291–297. <https://doi.org/10.1080/09670874.2010.495794>

Gill, H.K., Garg, H., Gill, A.K., Gillett-Kaufman, J.L., Nault, B.A., 2015. Onion thrips (Thysanoptera: Thripidae) biology, ecology, and management in onion production systems. *J. Integr. Pest Manag.* 6, 6. <https://doi.org/10.1093/jipm/pmv006>

Hamada. C., 2018. Statistical analysis for toxicity studies. *J. Toxicol. Pathol.* 31, 15–22. <https://doi.org/10.1293/tox.2017-0050>

Kim, J.S., Lee, S.J., Lee, H.B., 2014. Enhancing the thermotolerance of entomopathogenic *Isaria fumosorosea* SFP-198 conidial powder by controlling the moisture content using drying and adjuvants. *Mycobiology* 42, 59–65. <https://doi.org/10.5941/MYCO.2014.42.1.59>

Li, X.W., Wang, P., Fail, J., Shelton, A.M., 2015. Detection of gene flow from sexual to asexual lineages in *Thrips tabaci* (Thysanoptera: Thripidae). *PLoS ONE* 10, e0138353. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0138353>

Li, X., Zhang, Z., Zhang, J., Huang, J., Wang, L., Li, Y., Hafeez, M., Lu, Y., 2020. Population genetic diversity and structure of *Thrips tabaci* (Thysanoptera: Thripidae) on allium hosts in China, inferred from mitochondrial COI gene sequences. *J. Econ. Entomol.* 113, 1426–1435. <https://doi.org/10.1093/jee/toaa001>

Marodin, J.C., Resende, F.V., Gabriel, A., Souza, R.J., Resende, J.T.V., Camargo, C.K., Zeist, A.R., 2019. Agronomic performance of both virus-infected and virus-free garlic with different seed bulbs and clove sizes. *Pesqui. Agropecu. Bras.* 54, e01448. <https://doi.org/10.1590/s1678-3921.pab2019.v54.01448>

Oliveira, C.M., Auad, A.M., Mendes, S.M., Frizzas, M.R., 2014. Crop losses and the economic impact of insect pests on Brazilian Agriculture. *Crop Prot.* 56, 50–54. <https://doi.org/10.1016/j.cropro.2013.10.022>

Oliveira, T.B., Aucique-Pérez, C.E., Rodrigues, F.A., 2019. Foliar application of silicon decreases wheat blast symptoms without impairing photosynthesis. *Bragantia* 78, 423–431. <https://doi.org/10.1590/1678-4499.20180379>

Shelton, A.M., Zhao, J.Z., Nault, B.A., Plate, J., Musser, F.R., Larentzaki, E., 2016. Patterns of insecticide resistance in onion thrips (Thysanoptera: Thripidae) in onion fields in New York. *J. Econ. Entomol.* 99, 1798–1804. <https://doi.org/10.1603/0022-0493-99.5.1798>

Storm, C., Scoates, F., Nunn, A., Potin, O., Dillon, A., 2016. Improving efficacy of *Beauveria bassiana* against stored grain beetles with a synergistic co-formulant. *Insects.* 7, 1–14. <https://doi.org/10.3390/insects7030042>

Vargas, M., Glaz, B., Alvarado, G., Pietragalla, J., Morgounov, A., Zelenskiy, Y., Crossa, J., 2015. Analysis and interpretation of interactions in agricultural research. *Agron J.* 107, 748–762. <https://doi.org/10.2134/agronj13.0405>

Zaki, O., Weekers, F., Thonart, P., Tesch, E., Kuenemann, P., Jacques, P., 2020. Limiting factors of mycopesticide development. *Biol. Control.* 144, 104220. <https://doi.org/10.1016/j.biocontrol.2020.104220>