

ARTIGO ORIGINAL

BIOATIVIDADE DE MACERADOS DE *ANTHEMIS SP.*, *CORIANDRUM SATIVUM* E *PIPER NIGRUM* CONTRA *SITOPHILUS ZEAMAI* (COLEOPTERA: CURCULIONIDAE)

Scopel W,* Scopel EL,† Botteon VW,‡ Roza-Gomes MF§

Resumo

Plantas podem apresentar propriedades bioativas inseticidas como mecanismo de defesa natural contra algumas espécies de insetos-praga. Visando investigar possíveis fontes naturais que contribuam para a proteção de grãos armazenados, foram avaliadas as propriedades de repelência e inseticida de macerados de *Anthemis sp.*, *Coriandrum sativum* e *Piper nigrum* sobre o gorgulho-do-milho, *Sitophilus zeamais* Motschulsky, 1855 (Coleoptera: Curculionidae). Dois experimentos foram instalados com delineamento inteiramente casualizado, utilizando-se dois cultivares de milho híbrido (AS 1551 YG e AS 1555 YG) como substratos alimentares. O primeiro experimento objetivou verificar a mortalidade da praga após sete dias de exposição aos vegetais estudados, com delineamento em arranjo fatorial (testemunha; três espécies vegetais; dois cultivares de milho). No segundo

* Doutora em Ciências (Entomologia) pela Universidade de São Paulo; Mestre em Agronomia (Produção Vegetal) pela Universidade de Passo Fundo; Avenida Pádua Dias, 11, Agronomia, 13418-900, Piracicaba, São Paulo, Brasil; wanessa_scopel@yahoo.com.br

† Graduado em Agronomia e Pós-graduado em Engenharia de Segurança do Trabalho pela Universidade do Oeste de Santa Catarina; scopel_smo@hotmail.com

‡ Mestre em Ciências pelo Centro de Energia Nuclear na Agricultura da Universidade de São Paulo; Graduado em Ciências Biológicas pela Universidade de São Paulo; victor_botteon2@hotmail.com

§ Mestre e Doutora em Agronomia (Produção Vegetal) pela Universidade de Passo Fundo; Graduada em Ciências Biológicas e Agronomia pela Universidade do Oeste de Santa Catarina; Professora na Universidade do Oeste de Santa Catarina; margarida.gomes@unoesc.edu.br

experimento, avaliou-se a repelência da praga promovida pelas espécies vegetais, testadas isoladamente em uma arena. Após 24 horas, a porcentagem de adultos repelidos (% AR) foi calculada. O estudo permitiu verificar que *P. nigrum* apresenta propriedade inseticida, observando uma mortalidade média de 49%. *Anthemis* sp. demonstrou efeito repelente (I.R./I.D. = 0,44) sobre *S. zeamais* quando o substrato utilizado foi o híbrido AS 1555 YG, com 26,5% de adultos repelidos. Já para o híbrido AS 1551 YG, *P. nigrum* mostrou efeito repelente (I.R./I.D. = 0,68 e 31% de adultos repelidos), enquanto *C. sativum* e *Anthemis* sp. foram consideradas neutras. Palavras-chave: Pragas de grãos armazenados. Manejo integrado de pragas. Plantas inseticidas.

Bioactivity of macerates of *Anthemis* sp., *Coriandrum sativum* and *Piper nigrum* against *Sitophilus zeamais* (Coleoptera: Curculionidae)

Abstract

Plants may exhibit insecticide bioactive properties as a natural defense mechanism against some insect-pest species. The insect repellency and insecticidal properties of Anthemis sp., Coriandrum sativum and Piper nigrum against the maize weevil, Sitophilus zeamais Motschulsky, 1855 (Coleoptera: Curculionidae), were investigated in order to find possible natural sources to allow the protection of stored grains. Two experiments were installed with a completely randomized design, using two cultivars of hybrid maize (AS 1551 YG and AS 1555 YG) as food substrates. The first experiment aimed to verify the mortality of the pest after 7 days of exposure to the studied plants at 0.5g/treatment, with a factorial arrangement (control, three plant species, two maize cultivars). In the second experiment, the pest repellency promoted by each plant species was evaluated in an arena. After 24 hours, the percentage of adults repelled (% AR) was calculated. The study showed that P. nigrum presented insecticidal properties, observing a mean mortality of 49%. Anthemis sp. presented a repellent effect (I.R./I.D. = 0.44) on S. zeamais when the substrate used was the hybrid AS 1555 YG, with 26.5% adults repelled. As for the hybrid AS 1551 YG, P. nigrum showed a repellent effect (I.R./I.D. = 0.68 and 31% of adults repelled), while C. sativum and Anthemis sp. were considered neutral against the maize weevil.

Keywords: Stored grain pests. Integrated pest management. Insecticidal plants.

1 INTRODUÇÃO

O milho (*Zea mays* L.) é um importante produto agrícola que sofre com perdas provocadas por diversos fatores, antes, durante e após a colheita.^{1,2} As perdas quantitativas anuais causadas por pragas durante o período de armazenamento de grãos são da ordem de 10% da produção mundial, valor referido apenas aos

danos diretos causados pelos insetos ao embrião e ao endosperma das sementes; desconsideram-se as perdas qualitativas oriundas de danos indiretos, como injúrias causadas por agentes patogênicos, o aquecimento da massa de grãos decorrente da atividade dos insetos e a conseqüente redução do valor nutritivo.³⁻⁶

Os gorgulhos (Coleoptera) são insetos de grande importância agrícola, pois podem danificar os grãos no período pós-colheita, comprometendo a comercialização e a viabilidade econômica do produto. Entre as principais pragas de grãos de milho, durante o período de armazenamento, destacam-se *Sitophilus zeamais* (Mots.), *S. oryzae* (L.) (Coleoptera: Curculionidae) e *Rhyzopertha dominica* (Fab.) (Coleoptera: Bostrichidae), sendo consideradas pragas primárias por terem a capacidade de perfurar o tegumento de grãos e sementes.⁷ O gorgulho-do-milho, *S. zeamais*, é considerado uma das principais pragas do milho estocado, frequentemente encontrado em outros grãos de importância econômica.⁸ A postura é realizada no interior dos grãos, onde as larvas e pupas se desenvolvem. Já a infestação inicia-se no campo e continua nas unidades de armazenamento, situação em que o processo de secagem deixa os grãos suscetíveis à infestação e dificulta a aplicação de produtos inseticidas.⁹⁻¹²

O principal método de controle empregado contra essa praga é o controle químico efetuado com inseticidas sintéticos e fumegantes, os quais podem causar intoxicações aos aplicadores, apresentar persistência de resíduos tóxicos nos grãos e resultar na seleção de populações de insetos resistentes.¹³ Dessa forma, métodos alternativos de controle têm sido testados no contexto de manejo integrado de pragas (MIP), buscando a utilização de compostos menos tóxicos, acessíveis e de menor custo, como a utilização de pós, extratos aquosos ou orgânicos e óleos essenciais ou emulsionáveis derivados de fontes naturais.¹⁴⁻¹⁶ Esses compostos apresentam toxicidade por contato, ingestão e/ou fumigação, podendo afetar o desenvolvimento dos insetos e provocar repelência, deterrência na alimentação e oviposição, e até mesmo mortalidade, não promovendo a seleção de insetos resistentes.^{14,17,18}

Atualmente, o uso de diversos inseticidas não é mais permitido em vários países, por apresentarem altos níveis de toxicidade ou por serem persistentes no ambiente.^{19,20} Essa proibição vem motivando a busca por novas moléculas, não somente na promoção da agricultura orgânica e sustentável,^{15,16} mas também em amplas áreas de cultivo em razão da diminuição da disponibilidade de moléculas sintéticas com ação inseticida presentes no mercado.^{19,21} Na interação inseto-planta, as plantas produzem metabólitos secundários que, em decorrência da toxicidade de determinados compostos, podem atuar como meios de defesas naturais contra a herbivoria.^{15,22} Esses aleloquímicos bioinseticidas compreendem uma gama diversificada de compostos que podem constituir uma importante fonte de moléculas a serem utilizadas em programas de MIP em grãos armazenados.²²⁻²⁴

A utilização de plantas inseticidas no controle de gorgulhos vem sendo estudada nos últimos anos. Oliveira e Vendramim²⁵ avaliaram a repelência de adultos de *Zabrotes subfasciatus* em sementes de feijoeiro utilizando pó de *Piper nigrum* (pimenta-do-reino) nas concentrações de 2,5 e 5,0% e verificaram repelência, respectivamente, de 35,9 e 45,4%, concluindo que a pimenta-do-reino moída constitui uma fonte promissora de inseticida natural. Em outro estudo, Mazzone e Vendramim²⁶ constataram que o pó das folhas de *Coriandrum sativum* (coentro) não foi repelente sobre *Acanthoscelides obtectus* em feijão armazenado, mas provocou a mortalidade total dos indivíduos adultos. Já em um estudo visando ao controle de *S. zeamais*, outros autores²⁴ identificaram importantes compostos bioinseticidas derivados de *Annona mucosa* Jacq. (Annonaceae), conhecida comumente como araticum ou fruta-do-conde.

Esses resultados, dentre outros, estimularam a realização de pesquisas sobre novos aleloquímicos e atualmente aparecem como uma ferramenta muito promissora no controle de pragas, podendo facilmente ser incluídos no MIP. Nesse contexto, novas fontes promissoras de compostos inseticidas de origem vegetal precisam ser investigadas para serem utilizadas como agentes protetores de grãos armazenados. Desse modo, neste estudo objetivou-se avaliar a existência ou não de efeito inseticida e/ou de repelência de espécies vegetais ainda pouco exploradas, *Anthemis* sp. (Asteraceae), *Coriandrum sativum* (Apiaceae) e *Piper nigrum* (Piperaceae), contra *S. zeamais* em dois híbridos de milho (AS 1551 YG e AS 1555 YG).

2 MATERIAL E MÉTODOS

Os experimentos foram instalados e conduzidos no Laboratório de Zoologia da Universidade do Oeste de Santa Catarina (Unoesc) de São Miguel do Oeste, SC, à temperatura de $25 \pm 2^\circ\text{C}$, umidade relativa de $60 \pm 10\%$ e fotoperíodo de 14:10 horas.

2.1 ESTABELECIMENTO E MANUTENÇÃO DA CRIAÇÃO DE *SITOPHILUS ZEAMAI*S

A criação de *S. zeamais* foi estabelecida a partir de exemplares obtidos de uma população mantida no Laboratório de Entomologia da Embrapa Trigo, em Passo Fundo, RS.

Os insetos utilizados nos ensaios foram criados em frascos de vidro com capacidade para 500 cm^3 , com tampa perfurada e revestida internamente com tecido fino (*voile*). Grãos de milho, com teor de umidade de 13% e expostos, previamente, a -10°C durante 48 horas, para eliminar insetos contaminantes, foram utilizados como substrato para a manutenção da criação de *S. zeamais*. Os insetos foram confinados nos recipientes durante 10 dias para efetuarem a postura e, em seguida, retirados. Os recipientes foram armazenados em sala climatizada até a emergência de novos adultos, os quais foram selecionados com o auxílio de peneira e pincel para serem utilizados nos ensaios.

2.2 MATERIAL VEGETAL

Dois cultivares de milho foram utilizados como substrato alimentar dos gorgulhos-do-milho: híbrido 1 (AS 1551 YG), caracterizado como grãos semiduros e amarelados, e híbrido 2 (AS 1555 YG), caracterizado como grãos duros e alaranjados.

Três espécies botânicas foram testadas quanto à bioatividade contra *S. zeamais*: *Anthemis* sp. (macela) (Asteraceae), *Coriandrum sativum* (coentro) (Apiaceae) e *Piper nigrum* (pimenta-do-reino) (Piperaceae). As plantas foram adquiridas na Distribuidora de Produtos Brusto Ltda., localizada em São Miguel do Oeste, SC.

O material vegetal passou por um processo de triagem para remoção das impurezas. Em seguida, foi macerado em almofariz com auxílio de pistilo, peneirado (malha 2mm) para padronização da granulometria, sendo, em seguida, verificada a massa de cada material em balança analítica de precisão 0,01 g. Devido às referências de potenciais propriedades inseticidas, a estrutura de *Anthemis* sp. submetida à maceração foi a flor, e no caso de *C. sativum* e *P. nigrum*, foram maceradas as sementes.²⁶⁻²⁹

2.3 EFEITO DOS VEGETAIS SOBRE A MORTALIDADE DE ADULTOS DE *SITOPHILUS ZEAMAI*S

Trinta gramas de grãos de milho limpos e secos foram inseridos no interior de recipientes plásticos com capacidade para 250 cm³ e misturados com 0,5 g/ tratamento dos macerados vegetais. Os recipientes foram fechados com tampas plásticas e agitados manualmente durante dois minutos para homogeneizar a mistura.

Cada parcela foi infestada com 20 adultos não sexados de *S. zeamais* em um delineamento experimental inteiramente casualizado, com arranjo dos tratamentos em esquema fatorial 4x2 (tratamentos x híbridos de milho) com cinco repetições. Decorridos sete dias após o acondicionamento, efetuou-se a abertura dos recipientes para a contagem dos insetos mortos. Foram considerados vivos todos os insetos que moviam qualquer estrutura do corpo, mesmo aqueles que apresentaram comportamento de imobilidade quando perturbados. Os valores de mortalidade de adultos de *S. zeamais* foram expressos em porcentagem (%).

Os resultados experimentais foram submetidos à análise de variância (ANOVA), e as médias comparadas pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade, com auxílio do programa estatístico SISVAR.³⁰

2.4 EFEITOS DAS PLANTAS SOBRE A REPELÊNCIA DE ADULTOS DE *SITOPHILUS ZEAMAI*S

A repelência das espécies vegetais sobre os adultos de *S. zeamais* foi avaliada em um experimento com delineamento inteiramente casualizado. Cada espécie vegetal (*Anthemis* sp., *C. sativum* e *P. nigrum*) foi testada separadamente, utilizando-se uma arena elaborada com três recipientes plásticos cilíndricos de dimensões de 7 cm de diâmetro e 5 cm de altura, sendo um central interligado

aos demais por meio de cilindros plásticos de 1,5 cm de diâmetro (Figura 1). No recipiente testemunha (A) foi inserido apenas o substrato alimentar (milho); no recipiente C foram adicionados 30 g de milho misturados com 0,5 g do macerado da espécie vegetal em teste; no recipiente central B foram liberados 20 adultos não sexados. Após 24 horas da liberação dos besouros, foi contado o número de insetos presente na testemunha, representando a porcentagem de adultos repelidos por cada espécie botânica (% AR).

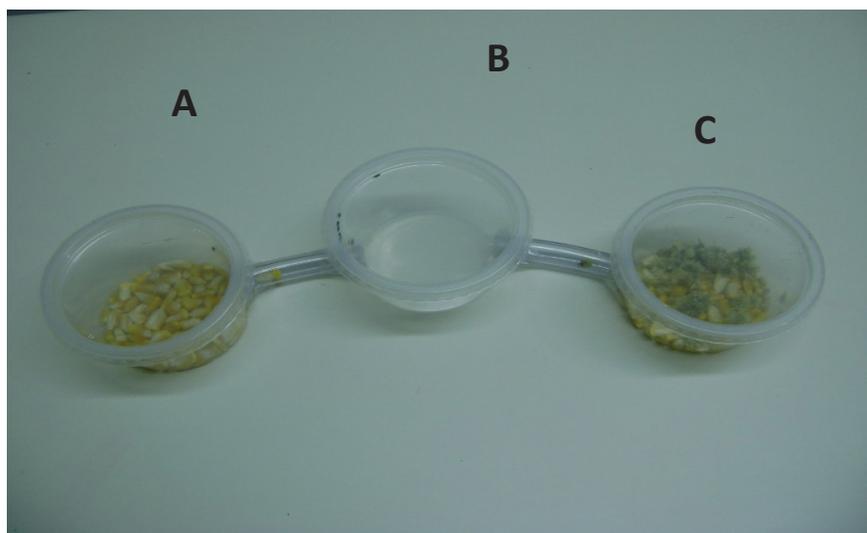


Figura 1 – Arena utilizada nos testes de repelência.^{||}

Para comparação dos diversos tratamentos, foi estabelecido um índice de repelência/deterrença (I.R./I.D.) adaptado de Lin, Kogan e Fisher,³¹ calculado pela fórmula $I.R./I.D. = 2G/(G + P)$, em que G = % de insetos nos grãos tratados com o macerado em teste e P = % de insetos nos grãos controle (testemunha). Com base no I.R./I.D. e no desvio padrão obtidos, determinou-se o intervalo de classificação (I. Class.) para as médias dos tratamentos pela fórmula: $I. Class. 1 \pm t_{(n-1; \alpha: 0,05)} \times (DP/\sqrt{n})$; em que t = valor de “t” tabelado; DP = desvio padrão; n = número de repetições.

Os macerados foram considerados neutros quando o valor de I.R./I.D. esteve compreendido dentro do I. Class. avaliado; repelente e/ou deterrente quando o valor do I.R./I.D. foi inferior ao menor valor obtido para o I. Class.; e atraente e/ou fagodeterrente quando o I.R./I.D. foi superior ao maior I. Class. calculado.

Assim como no teste de mortalidade, os resultados de adultos repelidos foram analisados estatisticamente pelo teste F, sendo as médias comparadas pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade, utilizando o programa estatístico SISVAR.³⁰

^{||} A: testemunha (milho). B: local de liberação de 20 adultos não sexados de *Sitophilus zeamais*. C: milho misturados com 0,5 g do macerado de uma das espécies vegetais.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Avaliando-se o efeito inseticida dos macerados obtidos das espécies vegetais avaliadas, não foi constatada diferença estatística para o fator híbrido de milho nem para a interação entre híbrido e espécies botânicas (Tabela 1).

Tabela 1 – Mortalidade (%) de *S. zeamais* após sete dias confinados com espécies vegetais em dois híbridos de milho¹

Espécie	Híbrido 1 (AS 1551 YG)	Híbrido 2 (AS 1555 YG)	Média
----- Mortalidade (%) -----			
<i>C. sativum</i>	2	3	2,5 b*
<i>Anthemis</i> sp.	0	0	0 b
<i>P. nigrum</i>	45	53	49 a
Testemunha	0	0	0 b
Média	11,7 A	14 A	
CV (%)	75,7		

Neste estudo, não foi verificado efeito inseticida de *Anthemis* sp. e *C. sativum* sobre *S. zeamais* em razão dos baixos valores de mortalidade observados, sendo 0 e 2,5%, respectivamente. O híbrido 2 (AS 1555 YG), embora não tenha diferido estatisticamente do híbrido 1 (AS 1551 YG), apresentou maior mortalidade dos insetos em estudo (Tabela 1). Isso pode ter ocorrido em decorrência do tegumento duro característico desse cultivar e, possivelmente, pela dificuldade de perfurar o grão para se alojar em seu interior, ficando expostos por um maior período de tempo à ação inseticida. A aplicação de 3 mL dos extratos de *P. nigrum*, *Anthemis* sp. e *C. sativum* diretamente sobre o noto de *Sitophilus* spp. após 48 horas, causou 20%, 10% e 0% de mortalidade, respectivamente, e quando aplicados por meio de vaporização, a mortalidade foi maior: 100%, 96,75% e 95,87%, respectivamente, observando variação na mortalidade da praga dependendo do método de aplicação.

Já para o macerado de *P. nigrum*, observou-se uma média de mortalidade de 49%, evidenciando efeito inseticida. Diversos estudos demonstraram a eficácia de extratos de plantas do gênero *Piper* para o controle de pragas de grãos armazenados, principalmente em razão da presença de substâncias como as piperamidas.³² A taxa de mortalidade de *S. zeamais* foi diretamente proporcional à concentração de extrato de semente de *P. nigrum* e o tempo de exposição, alcançando 100% de mortalidade em 135 min de exposição a 0,298 mg/mL do extrato.³³

No teste de repelência, baseando-se no índice de repelência e/ou deterrência, o macerado de *P. nigrum* (I.R./I.D. I.P. inferior ao menor valor obtido para o I. Class.)

¹ Médias seguidas pelas mesmas letras maiúsculas na horizontal e letras minúsculas na vertical não diferem pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

foi o macerado que mais repeliu os adultos de *S. zeamais* em contato com o híbrido de milho AS 1551 YG. Já *Anthemis* sp. e *C. sativum* apresentaram efeito considerado neutro (Tabela 2).

Tabela 2 – Porcentagem de adultos repelidos (% AR) e índice de repelência e/ou deterrência (I.R./I.D.) de *S. zeamais* em arenas contendo grãos de milho do híbrido AS 1551 YG tratados e não tratados com macerados vegetais**

Espécie	% AR	I.R./I.D. ^{1a} (Média±DP)	I. Class. ^{2b}	Classificação
<i>C. sativum</i>	33,5 ^{ns}	0,9 ± 0,41	1 ± 0,33	Neutro
<i>Anthemis</i> sp.	28,5 ^{ns}	0,85 ± 0,45	1 ± 0,36	Neutro
<i>P. nigrum</i>	31 ^{ns}	0,68 ± 0,26	1 ± 0,21	Repelente
Média	31			
CV (%)	49,45			

Não foi constatada diferença significativa das espécies em estudo para a variável porcentagem de adultos repelidos (% AR), sendo que esta variou de 28,5% (*Anthemis* sp.) a 33,5% (*C. sativum*).

No teste em que foi utilizado como substrato de alimentação o híbrido de milho AS 1555 YG, verificou-se o efeito repelente somente do macerado de *Anthemis* sp. sobre os adultos de *S. zeamais* (Tabela 3).

Tabela 3 – Porcentagem de adultos repelidos (% AR) e índice de repelência e/ou deterrência (I.R./I.D.) de *S. zeamais* em arenas contendo grãos de milho do híbrido AS 1555 YG tratados e não tratados com macerados vegetais††

Espécie	% AR	I.R./I.D. ^a (Média±DP)	I. Class. ^b	Classificação
<i>C. sativum</i>	18,0 b	0,77±0,32	1±0,25	Neutro
<i>Anthemis</i> sp.	26,5 ab	0,44±0,38	1±0,30	Repelente
<i>P. nigrum</i>	34,5 a	1,19±0,42	1±0,34	Neutro
Média	47,84			
CV (%)	49,45			

A espécie *P. nigrum* apresentou a maior porcentagem de adultos de *S. zeamais* repelidos em arenas com híbrido AS 1555 YG, ficando 8,2% acima da média, porém não diferiu estatisticamente de *Anthemis* sp. (26,5% de AR). Já *C. sativum* foi considerada uma espécie neutra,34 sendo comprovado pelo fato de apresentar a menor porcentagem de adultos repelidos (18%).

** ^a I.R./I.D.: índice de repelência e/ou deterrência. ^b I. Class.: intervalo de classificação. ^{ns}: Não significativo ao nível de 5% de probabilidade.

†† ^a I.R./I.D.: índice de repelência e/ou deterrência. ^b I. Class.: intervalo de classificação.

Observou-se, também, efeito de repelência sobre *S. zeamais* utilizando extrato de *P. nigrum* com concentração entre 0,5 e 2%, com índice de repelência variando entre 0,75 e 0,77.35 Mishra e Tripathi³⁶ verificaram uma repelência de até 83,3% utilizando óleos essenciais derivados de *C. sativum* a 0,2% de concentração contra *S. oryzae*. Dados quanto à porcentagem de adultos repelidos e ao índice de repelência e/ou deterrência de *Anthemis* sp. sobre insetos ainda são escassos na literatura, restringindo-se apenas à variável mortalidade.

Os inseticidas botânicos contêm inúmeros compostos biologicamente ativos capazes de interações diversas sobre populações de pragas, e precisam ser investigados para auxiliar na formulação de novos e eficientes produtos.^{22,37} O emprego dessas plantas, principalmente na forma de pó seco, favorece especialmente o pequeno produtor por proporcionar menor custo, facilidade de obtenção e aplicação e não exigindo pessoal com alto grau de qualificação técnica. Além disso, as plantas podem ser cultivadas na propriedade, facilitando a sua utilização.²⁶

Estudos como este são importantes no contexto de programas de MIP, uma vez que a identificação de novos aleloquímicos pode levar ao desenvolvimento de produtos mais eficazes para a proteção de produtos armazenados.³⁸ Outros resultados³⁹ demonstraram que a bioatividade de derivados vegetais contra *S. zeamais* pode variar em virtude de diversos fatores, como o método de extração empregado, o tipo de produto e a concentração utilizada, e também pelo tempo de contaminação em que o inseto-alvo permanece exposto. Em razão disso, estudos futuros devem ser realizados para se avaliar o potencial inseticida dessas espécies vegetais sobre *S. zeamais* com diferentes métodos de extração, diferentes estruturas das plantas, a determinação dos grupos funcionais desses compostos, o efeito sobre inimigos naturais, bem como a possível aplicabilidade prática no campo.

4 CONCLUSÃO

Considerando as espécies vegetais testadas, o método de aplicação, o tempo de exposição e a concentração utilizada, *P. nigrum* apresentou propriedade inseticida sobre adultos de *S. zeamais*.

Anthemis sp. apresentou efeito repelente sobre *S. zeamais* quando o substrato utilizado foi o híbrido AS 1555 YG. Já para o híbrido AS 1551 YG, apenas *P. nigrum* mostrou efeito repelente, enquanto *C. sativum* e *Anthemis* sp. foram consideradas neutras.

Agradecimentos

A Albeneir Didomênico, representante da empresa Agroeste Sementes, pelo fornecimento dos cultivares de milho.

REFERÊNCIAS

1. Tavares MAGC. Bioatividade da erva-de-santa-maria, *Chenopodium ambrosioides* L. (Chenopodiaceae), em relação a *Sitophilus zeamais* Mots., 1855 (Col.: Curculionidae) [dissertação]. Piracicaba: Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo; 2002.
2. Coitinho RLBC. Atividade inseticida de óleos essenciais sobre *Sitophilus zeamais* Mots (Coleoptera: Curculionidae) [tese]. Recife: Universidade Federal Rural de Pernambuco; 2009.
3. Lorini I. Controle integrado de pragas de grãos armazenados. Passo Fundo: EMBRAPA-CNPT; 1998.
4. Moreira MAB, Zarbin PHG, Coracini MDA. Feromônios associados aos coleópteros-praga de produtos armazenados. Quím Nova. 2005; 28(3):472-7.
5. Neethirajan S, Karunakaran C, Jayas DS, White NDG. Detection techniques for stored-product insects in grain. Food Control. 2007; 18(2):157-62. doi:10.1016/j.foodcont.2005.09.008
6. Lazzari SMN, Lazzari FA. Insetos-praga de grãos armazenados. In Panizzi AR, Parra JRP, editores. Bioecologia e nutrição de insetos. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica; 2009. p. 667-732.
7. Pereira PRVS, Furiatti RS, Lazzari FA, Pinto-Júnior AR. Avaliação de inseticidas no controle de *Sitophilus oryzae* (L.) (Coleoptera: Curculionidae), e *Rhyzopertha dominica* (Fab.) (Coleoptera: Bostrychidae) em milho armazenado. An. Soc. Entomol. Bras. 1997; 26(3):411-6. doi:10.1590/S0301-80591997000300001
8. Kehinde K, Angela OJ. Comparative biological activity of *Synzygium aromaticum* (L.) and *Xylopiia ethiopica* on *Rhyzopertha dominica* F. (Coleoptera: Bostrychidae) and *Sitophilus zeamais* Motsch. (Coleoptera: Cuculionidae)

in maize grains. *J Asia Pac Entomol.* 2004; 7(3):339-42. doi: 10.1016/S1226-8615(08)60236-8

9. Dari S, Pixley KV, Setimela P. Resistance of early generation maize inbred lines and their hybrids to maize weevil [*Sitophilus zeamais* (Motschulsky)]. *Crop Sci.* 2010; 50(4):1310-7. doi:10.2135/cropsci2009.10.0621

10. Huang YZ, Hua HX, Li SG, Yang CJ. Contact and fumigant toxicities of calamusenone isolated from *Acorus gramineus* rhizome against adults of *Sitophilus zeamais* and *Rhizopertha dominica*. *Insect Sci.* 2011; 18(2):181-8. doi:10.1111/j.1744-7917.2010.01358.x

11. Tefera T, Mugo S, Likhayo P. Effects of insect population density and storage time on grain damage and weight loss in maize due to the maize weevil *Sitophilus zeamais* and the larger grain borer *Prostephanus truncatus*. *Afr. J. Agric. Res.* 2011; 6(10):2249-54. doi:10.5897/AJAR11.179

12. Fouad HA, Faroni LRD, Tavares WD, Ribeiro RC, Freitas SD, Zanuncio JC. Botanical extracts of plants from the Brazilian Cerrado for the integrated management of *Sitotroga cerealella* (Lepidoptera: Gelechiidae) in stored grain. *J Stored Prod Res.* 2014; 57(1):6-11. doi:10.1016/j.jspr.2014.01.001

13. Lorini I, Krzyzanowski FC, França-Neto JB, Henning AA. Principais pragas e métodos de controle em sementes durante o armazenamento – Série sementes. Londrina: EMBRAPA-CNPS; 2009.

14. Lee SE, Lee BH, Choi WS, Park BS, Kim JG, Campbell B. Fumigant toxicity of volatile natural products from Korean spices and medicinal plants towards the rice weevil, *Sitophilus oryzae* (L.). *Pest Manag Sci.* 2001; 57(6):548-53. doi:10.1002/ps.322

15. Isman MB. Botanical insecticides, deterrents, and repellents in modern agriculture and an increasingly regulated world. *Annu Rev Entomol.* 2006; 51(1):45-66. doi:10.1146/annurev.ento.51.110104.151146

16. Isman MB. Botanical insecticides: for richer, for poorer. *Pest Manag Sci*. 2008; 64(1):8-11. doi:10.1002/ps.1470
17. Martinez S, Van Emden H. Growth disruption, abnormalities and mortality of *Spodoptera littoralis* (Boisduval) (Lepidoptera: Noctuidae) caused by azadirachtin. *Neotrop Entomol*. 2001; 30(1):113-24. doi:10.1590/S1519-566X2001000100017
18. Rattan RS. Mechanism of action of insecticidal secondary metabolites of plant origin. *Crop Prot*. 2010; 29(9):913-20. doi:10.1016/j.cropro.2010.05.008
19. Kim KH, Kabir E, Jahan SA. Exposure to pesticides and the associated human health effects. *Sci Total Environ*. 2017; 575(1):525-35. doi:10.1016/j.scitotenv.2016.09.009
20. Corrêa J, Salgado HRN. Atividade inseticida das plantas e aplicações: revisão. *Rev. Bras. Plantas Med*. 2011; 13(4):500-6. doi:10.1590/S1516-05722011000400016
21. Dayan FE, Cantrell CL, Duke SO. Natural products in crop protection. *Bioorg Med Chem*. 2009; 17(12):4022-34. doi:10.1016/j.bmc.2009.01.046
22. Gonçalves GLP, Ribeiro LP, Gimenes L, Vieira PC, Silva MFGF, Forim MR, Fernandes JB, Vendramim JB. Lethal and sublethal toxicities of *Annona sylvatica* (Magnoliales: Annonaceae) extracts to *Zabrotes subfasciatus* (Coleoptera: Chrysomelidae: Bruchinae). *Fla Entomol*. 2015; 98(3):921-8. doi:10.1653/024.098.0317
23. Regnault-Roger C, Vincent C, Arnason JT. Essential oils in insect control: low-risk products in a high-stakes world. *Annu Rev Entomol*. 2012; 57(1):405-24. doi:10.1146/annurev-ento-120710-100554
24. Ribeiro LP, Vendramim JD, Bicalho KU, Andrade MS, Fernandes JB, Moral RA,

Demétrio CGB. *Annona mucosa* Jacq. (Annonaceae): a promising source of bioactive compounds against *Sitophilus zeamais* Mots. (Coleoptera: Curculionidae). J Stored Prod Res. 2013; 55(1):6-14. doi:10.1016/j.jspr.2013.06.001

- 25.Oliveira JV, Vendramim JD. Repelência de óleos essenciais e pós vegetais sobre adultos de *Zabrotes subfasciatus* (Boh.) (Coleoptera: Bruchidae) em sementes de feijoeiro. Ann. Entomol. Soc. Am. 1999; 28(3):549-55. doi:10.1590/S0301-80591999000300026
- 26.Mazzonetto F, Vendramim J. Efeito de pós de origem vegetal sobre *Acanthoscelides obtectus* (Say) (Coleoptera: Bruchidae) em feijão armazenado. Neotrop Entomol. 2003; 32(1):145-9.
- 27.Almeida FAC, Goldfarb AC, Gouveia JPG. Avaliação de extratos vegetais e métodos de aplicação no controle de *Sitophilus* spp. Rev Bras Prod Agroind. 1999; 1(1):13-20.
28. Santos-Rando JS, Lima CB, Batista NA, Feldhaus DC, Lourenço CC, Polonio VD, Ávila RR, Malanotte ML. Extratos vegetais no controle dos afídeos *Brevicoryne brassicae* (L.) e *Myzus persicae* (Sulzer). Semina: Ciênc. Agrár. 2011; 32(2):503-11. doi:10.5433/1679-0359.2011v32n2p503
- 29.Fabro JR, Rabelo AK, Grisa F. Métodos ecológicos de controle de insetos e de doenças das plantas e dos solos. Associação de Estudos, Orientação e Assistência Rural; Centro do Apoio ao Pequeno Agricultor. Francisco Beltrão: ASSESOAR; 2014.
- 30.Ferreira DF. SISVAR: um programa para análises e ensino de estatística. Rev Symposium 2008; 6(2):36-41.

31. Lin H, Kogan M, Fischer D. Induced resistance in soybean to the Mexican bean beetle (Coleoptera: Coccinellidae): comparisons of inducing factors. *Environ Entomol.* 1990; 19(6):1852-7. doi:10.1093/ee/19.6.1852
32. Scott IM, Jensen HR, Philogène BJ, Arnason JT. A review of *Piper* spp. (Piperaceae) phytochemistry, insecticidal activity and mode of action. *Phytochem Rev.* 2008; 7(1):65. doi:10.1007/s11101-006-9058-5
33. Awoyinka OA, Oyewole IO, Amos BMW, Onasoga OF. Comparative pesticidal activity of dichloromethane extracts of *Piper nigrum* against *Sitophilus zeamais* and *Callosobruchus maculatus*. *Afr. J. Biotechnol.* 2006; 5(24):2446-9.
34. Procópio SO, Vendramim JD, Ribeiro-Júnior JI, Santos JB. Efeitos de pós vegetais sobre *Acanthoscelides obtectus* (Say) e *Zabrotes subfasciatus* (Boh.) (Coleoptera: Bruchidae). *Ver Ceres* 2003; 50(289):395-405.
35. Salvadores YU, Silva GA, Tapia MV, Hepp RG. Spices powders for the control of maize weevil, *Sitophilus zeamais* Motschulsky, in stored wheat. *Agric Técnica* 2007; 67(2):147-54.
36. Mishra BB, Tripathi SP. Repellent activity of plant derived essential oils against *Sitophilous oryzae* (Linnaeus) and *Tribolium castenium* (Herbst). *Singapore J Scientific Res* 2011; 1(2):173-8. doi:10.3923/sjsres.2011.173.178
37. Akhtar Y, Isman MB. Plant natural products for pest management: the magic of mixtures. In Ishaaya I, Palli SR, Horowitz AR, editores. *Advanced technologies for managing insect pests*. Dordrecht: Springer; 2013. p. 231-247.
38. Cantrell CL, Dayan FE, Duke SO. Natural products as sources for new pesticides. *J Nat Prod.* 2012; 75(6):1231-42. doi:10.1021/np300024u
39. Ribeiro LP *et al.* *Pimenta pseudocaryophyllus* derivatives: extraction methods and bioactivity against *Sitophilus zeamais* Motschulsky (Coleoptera:

Curculionidae). Neot Entomol. 2015; 44(6):634-42. doi:10.1007/s13744-015-0321-6

Data de submissão: 10 de abril de 2018

Avaliado em: 20 de abril de 2018 (AVALIADOR A)

Avaliado em: 12 de abril de 2018 (AVALIADOR B)

Aceito em: 25 de abril de 2018