

PELLETS PRODUZIDOS COM ESTRUTURAS DE PLANTAS E ÓLEO ESSENCIAL DE FOLHAS DE *Ageratum conyzoides* L. AFETANDO O DESENVOLVIMENTO DE *Sitophilus oryzae*¹

José Polese Soares Novo², Fernanda Von Hertwig Mascarenhas Fontes², César Pagotto Stein², Antonio Augusto do Lago³, Marcos Ribeiro Bottignon², Maria do Carmo de Salvo Soares Novo⁴

ABSTRACT

PELLETS MADE FROM PLANT STRUCTURES AND ESSENTIAL OIL OBTAINED FROM LEAVES OF *Ageratum conyzoides* L. AFFECTING THE DEVELOPMENT OF *Sitophilus oryzae*

The objectives of this study were to evaluate the effect of pellets, made from either vegetative and reproductive plant structures powder or essential oil obtained from leaves of billy goat weed, on the development of *Sitophilus oryzae* (L., 1763) (Coleoptera: Curculionidae), as well as to determine the period in which they could be stored without losing their insecticidal action. Pellets made from powders of different billy goat weed structures (root, leaf, inflorescence, and seeds) were stored for 2, 60, 120, and 180 days, and those made from essential oil were stored for 2 and 60 days. The billy goat weed presents insecticidal activity on *S. oryzae*, depending on the plant structure and concentration in the pellet. Pellets made from leaves and seeds, at the concentration of 0.5%, provided a better *S. oryzae* control, affecting more the emergence of insects than their development cycle. Pellets made from any plant structure, except for root, at 5.0%, can be stored for up to 180 days without losing their insecticidal action, while, at 0.5%, the storage period should be less than 60 days. Pellets made from essential oil of billy goat weed leaves can not be stored under uncontrolled conditions and reduce the *S. oryzae* population, but do not eliminate it, at concentrations of up to 0.5 µg L⁻¹.

KEY-WORDS: Insecta; biopesticide plant; weevil; billy goat weed.

INTRODUÇÃO

As perdas anuais de grãos na pós-colheita, resultantes da ação de insetos, deterioração microbiana e outros fatores, são estimadas em 10-25% da produção mundial (Mohan & Fields 2002). Os produtos armazenados são infestados por insetos das ordens Coleoptera e Lepidoptera, que, por possuírem alto

RESUMO

Os objetivos do trabalho foram avaliar o efeito de pellets produzidos com pós de estruturas vegetativa e reprodutiva de plantas e com o óleo essencial obtido de folha de mentrasto, no desenvolvimento de *Sitophilus oryzae* (L., 1763) (Coleoptera: Curculionidae) e determinar o tempo máximo de armazenamento dos pellets. Os pellets produzidos com os pós das estruturas de mentrasto (raiz, folha, inflorescência e semente) foram armazenados por 2, 60, 120 e 180 dias e os com óleo essencial por 2 e 60 dias. O mentrasto apresenta ação inseticida em *S. oryzae*, dependendo da estrutura da planta e da concentração no pellet. Pellets produzidos com os pós de folha e de sementes, na concentração de 0,5%, controlam *S. oryzae*, afetando mais a emergência de insetos que sua fase imatura. Pellets na concentração de 5,0%, produzidos com pós de quaisquer das estruturas de mentrasto, exceto raiz, podem ser armazenados até 180 dias. Na concentração de 0,5%, o período de armazenamento deve ser inferior a 60 dias. Pellets produzidos a partir de óleo essencial obtido de folha de mentrasto não podem ser armazenados em condições ambientes e reduzem a população de *S. oryzae*, mas não a eliminam, quando em concentração de até 0,5 µg L⁻¹.

PALAVRAS-CHAVES: Insecta; planta inseticida; gorgulho; mentrasto.

potencial biótico, capacidade de infestação cruzada, polifagia e distribuição cosmopolita, se tornam especialmente nocivos. O gorgulho, *Sitophilus oryzae* (L., 1763) (Coleoptera: Curculionidae), é um dos insetos de grãos armazenados mais disseminados e destrutivos. O controle tradicional desta população é dependente da aplicação sistemática e contínua de inseticidas líquidos e gasosos, que, embora eficientes,

1. Trabalho recebido em set./2008 e aceito para publicação em jun./2010 (nº registro: PAT 4532/ DOI: 10.5216/pat.v40i2.4532).

2. Instituto Agronômico de Campinas (IAC), Centro de Fitossanidade, Campinas, SP, Brasil.

E-mails: jpsnovo@iac.sp.gov.br, fervhmf@gmail.com, cpstein@iac.sp.gov.br, marcosbottignon@terra.com.br.

3. Instituto Agronômico de Campinas (IAC), Centro de Grãos e Fibras, Campinas, SP, Brasil. E-mail: aalago@iac.sp.gov.br.

4. Instituto Agronômico de Campinas (IAC), Centro de Ecofisiologia e Biofísica, Campinas, SP, Brasil.

E-mail: jpsnovo@iac.sp.gov.br.

têm se caracterizado por determinar o aparecimento de populações resistentes (Kim et al. 2003), causar intoxicação aos aplicadores, afetar organismos não alvos e deixar resíduos tóxicos nos alimentos (Coitinho et al. 2006).

A necessidade de encontrar novas moléculas menos tóxicas e com menor efeito negativo no ambiente, para proteger produtos armazenados, tem estimulado a pesquisa do uso de plantas com propriedades inseticidas (Pungitore et al. 2005). As substâncias de origem vegetal possuem diversas atividades biológicas contra diferentes espécies de inseto e, por serem mais seletivas e menos persistentes no ambiente e nos grãos, têm sido estudadas (Novo et al. 2002). A interação entre plantas e insetos é mediada, quimicamente, por metabólitos secundários, entre os quais estão incluídos os flavonóides, terpenóides (como, por exemplo, os óleos essenciais), alcalóides, cumarinas e taninos. Rosenthal & Berenbaum (1991) observaram que muitas plantas, quando picadas, interferem nas funções fisiológicas dos insetos, através dos metabólitos secundários por elas produzidos. Geralmente, esses produtos são ativos contra um limitado número de espécies, incluindo insetos alvos específicos. Na maioria dos casos, são, também, biodegradáveis e não tóxicos (Kim et al. 2003). Dale (1996) relacionou mais de 120 plantas, com seus efeitos inseticidas, repelentes ou deterrentes em grãos armazenados, dentre elas o mentrasto (*Ageratum conyzoides* L.).

O mentrasto é uma planta da família Asteraceae, herbácea anual, ereta, aromática e agressiva, cujo porte depende das condições do ambiente (Kissmann & Groth 1999). Apresenta grande variação morfológica, estabelecendo-se em quase todas as regiões de clima tropical e subtropical (Ming 1999). Tradicionalmente, é utilizada como agente medicinal, em muitos países, havendo, também, relatos de ação inseticida e nematicida. O mentrasto produz e libera substâncias voláteis no ar, as quais têm controlado alguns insetos. Kong et al. (1999, 2002) relataram que o óleo essencial volátil desta planta é alelopático na natureza e seu efeito é causado pela presença de precocenos, seus derivados e de diversos sesquiterpenos. Castro et al. (2004) verificaram que, no Brasil, os compostos identificados no óleo essencial do mentrasto podiam ser divididos em monoterpênicos, sesquiterpenos, cromenos e fenilpropênicos. Foram, também, identificados dois compostos majoritários, ambos cromenos: precoceno I e precoceno II.

Os cromenos, principalmente os precocenos I e II, têm atividade antagonista ao hormônio juvenil dos insetos, levando-os à metamorfose prematura e à produção de fêmeas estéreis e adultos malformados (Bowers et al. 1976).

Em estudo de laboratório, Gbolade et al. (1999) verificaram que o óleo essencial de mentrasto foi altamente tóxico para *Callosobruchus maculatus* (Fabricius, 1775) (Coleoptera: Chrysomelidae) e que, quando aplicado em grãos de *Vigna unguiculata*, apresentou, também, ação fumigante. Bouda et al. (2001) observaram que o óleo essencial de folhas de mentrasto, quando aplicado a grãos de milho, apresentou toxicidade ao *S. zeamais*, com DL_{50} de 0,09%, em 24 horas.

Haque et al. (2000) desenvolveram um método para avaliação da inibição de crescimento, incorporando extratos de plantas em *pellets* de arroz, que se assemelham a pequenas rações, feitas de farinha e água. Novo et al. (2002) avaliaram diversos tamanhos e composições de *pellets* de trigo e verificaram que aqueles com 4,8 mm de diâmetro são os mais adequados para o desenvolvimento de *S. oryzae*, com desempenho semelhante à dieta natural de grãos de trigo. Este método permite avaliar o efeito dos extratos de plantas no desenvolvimento de pragas de grãos armazenados, pois a mistura dos extratos aos *pellets* possibilita a ingestão do extrato da planta pelas larvas que se desenvolvem internamente nos grãos, não entrando em contato com substâncias aplicadas na superfície destes. Novo et al. (2003) utilizaram esta técnica de incorporação de extratos de plantas em *pellets* para avaliar o efeito de *Cyperus iria* no desenvolvimento de *S. oryzae*. Verificaram que, com o aumento da concentração, a porcentagem de inibição de emergência também aumentava, alcançando 98,85%, no tratamento com 10% de *C. iria*.

Há poucas informações sobre os efeitos de pós e óleos essenciais de diferentes partes da planta de mentrasto de acessos brasileiros em pragas de grãos armazenados. Diante disto, os objetivos do trabalho foram avaliar o efeito do óleo essencial extraído de folhas e de pós produzidos a partir de raiz, folha, inflorescência e sementes de mentrasto, adicionados em diferentes concentrações a *pellets* de trigo, no desenvolvimento de *S. oryzae*. Determinou-se, também, o tempo que o *pellet* de farinha de trigo produzido com cada estrutura poderia ficar armazenado, sem que perdesse sua ação inseticida.

MATERIAL E MÉTODOS

Em áreas agrícolas do Centro Experimental do Instituto Agronômico (IAC), localizado em Campinas (SP), sementes de mentrasto foram colhidas, limpas e secas ao ar. Em 02/06/2005, foram semeadas em vasos plásticos (19,5 cm x 15,0 cm x 14,0 cm), preenchidos com Plantmax HA folhosas, na proporção de 0,5 g de semente de mentrasto por vaso. As análises de fertilidade e granulométrica do substrato são apresentadas na Tabela 1. Cinco dias após a emergência, foi realizado desbaste, sendo mantidas, até o final do ciclo, dez plantas por vaso. Semanalmente, foi aplicado adubo líquido (3-15-8), na concentração de 0,5 mL L⁻¹ de água, sendo adicionados 300 mL da solução por vaso.

Foram conduzidos dois experimentos: um avaliando o efeito de estruturas vegetativa e reprodutiva do mentrasto e outro o do óleo essencial obtido das folhas. No estágio de florescimento pleno, as plantas foram colhidas e separadas em raiz, folha e inflorescência. Parte das folhas, assim como das outras estruturas do mentrasto, foi seca em estufa, a 40°C, sob ventilação forçada, até massa constante, e moídas em moinho tipo Willey. A outra parte das folhas, também coletadas no estágio de florescimento pleno, foi empregada na extração do óleo essencial. As sementes foram obtidas de plantas cultivadas da mesma forma que no experimento anterior, mantidas até a maturação, secas e moídas de maneira similar à das outras estruturas.

Os *pellets* foram produzidos conforme metodologia desenvolvida por Novo et al. (2002). Pós de raízes, folhas, inflorescências e sementes foram adicionados à farinha de trigo integral, nas concentrações 0,5 p p⁻¹ e 5,0% p p⁻¹, e homogeneizados por cinco minutos, em misturador giratório, sendo os *pellets* produzidos por prensagem da massa. Além desses tratamentos, foi, também, incluído um tratamento testemunha, produzido apenas com farinha de

trigo integral. Todos os tratamentos foram compostos de dez repetições.

O óleo essencial foi obtido por hidrodestilação, em aparelho Clevenger modificado, com dois balões de 2 L, por uma hora e meia. A separação do óleo da água foi feita no Clevenger, não sendo utilizado solvente. No segundo experimento, para a produção dos *pellets*, o óleo essencial foi diluído em álcool e acrescentado à farinha, nas concentrações de 0,0125 µL g⁻¹; 0,025 µL g⁻¹; 0,05 µL g⁻¹; 0,1 µL g⁻¹; 0,2 µL g⁻¹; e 0,5 µL g⁻¹. Havia, ainda, um tratamento testemunha, onde não foi adicionado óleo essencial. Todos os tratamentos compuseram-se de dez repetições. Neste experimento, os *pellets* foram preparados de maneira similar ao do experimento 1 e, após serem produzidos, foram acondicionados em frascos plásticos tipos PET, tampados hermeticamente e mantidos nas mesmas condições ambientais dos demais experimentos.

A criação de *S. oryzae* foi conduzida no Centro de Fitossanidade do IAC, em sala com temperatura de 25 ± 2°C, umidade relativa de 70 ± 10% e fotofase de 12 horas. Para a obtenção dos insetos utilizados nos experimentos, uma pequena quantidade de adultos criados em grãos de trigo foi transferida para frascos de vidro de 600 mL, com tampas de tela, contendo grãos de trigo. Após cinco dias, os grãos foram peneirados, para a retirada dos insetos. Os grãos foram mantidos nestas mesmas condições até a emergência de novos adultos, sendo, novamente, peneirados e todos os adultos eliminados. Após sete dias, esta operação foi repetida e os adultos de idade conhecida e não sexados foram coletados e usados na instalação dos experimentos. Os *pellets* foram infestados com adultos de insetos aos 2, 60, 120 e 180 dias após o preparo. Para as infestações, foram liberadas, em placa de Petri de 10 cm de diâmetro por 2 cm de altura, 40 adultos de *S. oryzae*, com idade de até sete dias. As placas de Petri foram dispostas na sala de criação, inteiramente ao acaso. Cada tratamento era

Tabela 1. Análises granulométrica e de fertilidade do substrato Plantmax HA folhosas, empregado no experimento (Campinas, SP, 2005).

pH	MO %	P mg dm ⁻³	S mg dm ⁻³	K mmol _c dm ⁻³	Ca mmol _c dm ⁻³	Mg mmol _c dm ⁻³	H mmol _c dm ⁻³	Al mmol _c dm ⁻³	CTC mmol _c dm ⁻³	V %	C/N	
6,0	53,13	82,8	300,0	24,3	33,0	13,0	28,0	0	98,3	71,5	14,37	
N %	Na	Fe	Mn	Cu	Zn	B	Abertura da peneira (mm)					
		mg dm ⁻³						2,38	2,00	0,84	0,42	0,25
2,15	144,0	163,7	67,7	5,8	10,2	0,3	72,18	66,66	40,55	21,85	13,19	

composto de 20 g de *pellets*, mantidos com os insetos por cinco dias. Após este período, os adultos foram retirados e os *pellets* divididos em dez subparcelas de 2 g, acondicionadas em potes plásticos transparentes, tampados, de 7 cm de diâmetro por 2,5 cm de altura. Após o início da eclosão dos insetos, foram realizadas avaliações diárias de emergência de insetos da geração F_1 . Os insetos emergidos foram retirados das placas e colocados em recipientes de plástico tipo Eppendorf (2,0 mL) e, ao final do bioensaio, secos em estufa, a 35°C, por 48 horas. Antes da infestação e após o término do experimento, ocorrido duas semanas após a ausência de emergência, determinou-se o teor de umidade dos *pellets* e, a partir destes dados, calculou-se sua perda de peso. Nos diferentes períodos de armazenamento dos *pellets*, foram determinados o número total de insetos emergidos, a duração da fase imatura, o peso médio do inseto seco e a porcentagem de perda de peso dos *pellets*.

Para a análise estatística, os dados de porcentagem foram transformados em $\arcsin \sqrt{x/100}$ e os de número total de insetos emergidos em $\sqrt{x+1}$. A análise de variância dos resultados foi realizada de acordo com o método para experimentos em parcelas subdivididas (Steel & Torrie 1980) e, quando significativa, os efeitos dos tratamentos das diferentes partes da planta de mentrasto, para o experimento 1, tiveram suas médias comparadas pelo teste de Duncan, a 5,0% de probabilidade. Para o efeito de concentrações do óleo extraído de folhas de mentrasto e de período de armazenamento dos *pellets* do experimento 1, foram empregados ajustes matemáticos. No segundo experimento, o efeito do período de armazenamento foi comparado pelo teste de Duncan, a 5,0% de probabilidade.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados obtidos para número médio de insetos adultos, emergidos nos tratamentos com pós produzidos a partir de diferentes estruturas do mentrasto, são apresentados na Tabela 2. Nos quatro períodos de armazenamento dos *pellets*, os tratamentos com folha, inflorescência e semente, a 0,5%, permitiram o desenvolvimento de progênie F_1 , mas apresentaram sempre número de insetos emergidos menor que a testemunha. Os *pellets* produzidos com a concentração mais elevada (5,0%) de pós de folha, semente e inflorescência apresentaram maior toxicidade, impedindo, completamente, o desenvolvimento

da geração F_1 da praga, por até 180 dias. Em *pellets* armazenados por dois dias, no tratamento onde foi empregado pó de raiz a 0,5%, não houve controle de *S. oryzae* e, aos 120 e 180 dias, embora o número de insetos tenha sido menor que o da testemunha, este ainda foi muito elevado. Resultado semelhante foi obtido por Sharda & Rao (2000), com extratos de folhas e plantas inteiras de mentrasto aplicados ao gafanhoto *Schistocerca gregaria* (Forskål, 1775) (Orthoptera: Acrididae).

Para emergência de insetos adultos, foi observado que houve diferença entre as estruturas do mentrasto, quanto à sua toxicidade. Comparando-se as estruturas do mentrasto, na concentração de 0,5%, verificou-se que, de modo geral, para os quatro períodos de armazenamento dos *pellets*, a raiz foi a que menos controlou e a folha e a inflorescência as que mais controlaram a emergência dos insetos da geração F_1 . Xuan et al. (2004) identificaram ácidos fenólicos nas folhas e raízes de mentrasto, incluindo os ácidos cumálico, gálico e protocatechuico. Nas folhas, as concentrações de ácido cumálico e protocatechuico eram bem mais elevadas (0,29 mg g⁻¹ e 0,16 mg g⁻¹) que as das raízes (0,13 mg g⁻¹ e 0,02 mg g⁻¹). Detectaram, ainda, nas folhas, a presença dos ácidos p-cumárico, sinápico e benzóico, nas concentrações de 0,81 mg g⁻¹; 1,28 mg g⁻¹; e 19,9 mg g⁻¹, respectivamente, mas nenhuma destas substâncias foi observada na raiz. Possivelmente, a ação combinada destas substâncias, associada à sua maior concentração na folha, possibilitou o maior controle na emergência dos insetos adultos. Rao & Pradash (2001) obtiveram o mesmo resultado, quando empregaram pós de folha de mentrasto para controlar *Rhyzopertha dominica* (Fabr., 1792) (Coleoptera: Bostrichidae), *Oryzaephilus surinamensis* (L., 175) (Coleoptera: Silvanidae) e *Sitotroga cerealella* (Olivier, 1789) (Lepidoptera: Gelechiidae), em arroz armazenado. Observaram que houve ação tóxica dessa estrutura, por até 180 dias.

Em relação ao efeito de tempo de armazenamento dos *pellets*, dentro de cada tratamento, verificou-se que o número de insetos adultos emergidos nos tratamentos testemunha, inflorescência e semente, a 0,5%, aumentou linearmente, demonstrando que o período residual destas estruturas foi reduzido em função do tempo (Tabela 2). Com o emprego de pós de raiz a 5,0%; folha a 0,5% e 5,0%; e inflorescência e sementes a 5,0%, a ação inseticida manteve-se por 180 dias, sendo o desenvolvimento da progênie nulo ou muito baixo.

Tabela 2. Efeito das concentrações de 0,5% e 5,0% de diferentes estruturas de plantas de mentrasto, em *pellets* armazenados por 2, 60, 120 e 180 dias, no número médio de insetos adultos emergidos e na duração da fase imatura (em dias), em *S. oryzae* (Campinas, SP, 2005).

Estrutura do mentrasto e concentração no <i>pellet</i>	Período de armazenamento dos <i>pellets</i>				Equações de regressão e respectivos coeficientes de determinação	
	2 dias	60 dias	120 dias	180 dias		
	Número médio de insetos emergidos					
Testemunha	11,7 a	5,4 a	16,3 a	18,0 a	$Y = 3,04 + 0,0068X$	$R^2 = 63,39\%$
Raiz 0,5%	10,5 a	3,5 b	10,4 c	14,3 b	$Y = 3,27 - 0,019X + 0,00013X^2$	$R^2 = 83,15\%$
Raiz 5,0%	1,7 c	0,0 d	1,8 e	0,4 f	não significativo	
Folha 0,5%	6,0 b	1,1 c	7,9 d	4,7 e	não significativo	
Folha 5,0%	0,0 d	0,0 d	0,0 f	0,0 f	não significativo	
Inflorescência 0,5%	6,2 b	2,8 b	7,8 d	8,5 d	$Y = 2,32 + 0,0037X$	$R^2 = 60,00\%$
Inflorescência 5,0%	0,0 d	0,0 d	0,0 f	0,0 f	não significativo	
Semente 0,5%	6,1 b	1,5 c	12,8 b	11,9 c	$Y = 2,14 + 0,0083X$	$R^2 = 64,52\%$
Semente 5,0%	0,0 d	0,0 d	0,0 f	0,0 f	não significativo	

Estrutura do mentrasto e concentração no <i>pellet</i>	Período de armazenamento dos <i>pellets</i>				Equações de regressão e respectivos coeficientes de determinação	
	2 dias	60 dias	120 dias	180 dias		
	Duração da fase imatura (dias)					
Testemunha	47,69 c	50,39 c	44,64 c	60,68 c	$Y = 49,48 - 0,12X + 0,00095X^2$	$R^2 = 69,03\%$
Raiz 0,5%	49,36 c	48,01 c	48,27 b	62,92 bc	$Y = 50,28 - 0,14X + 0,0011X^2$	$R^2 = 94,98\%$
Raiz 5,0%	67,28 a	0,00 d	60,19 a	74,50 a	$Y = 59,99 - 0,90X + 0,0057X^2$	$R^2 = 56,20\%$
Folha 0,5%	50,16 c	61,75 a	48,40 b	64,87 b	$Y = 51,62 + 0,0516X$	$R^2 = 60,00\%$
Folha 5,0%	0,00	0,00	0,00	0,00 c	não significativo	
Inflorescência 0,5%	48,81 c	54,71 b	48,82 b	64,20 b	$Y = 50,63 - 0,056X + 0,00068X^2$	$R^2 = 65,69\%$
Inflorescência 5,0%	0,00 c	0,00	0,00	0,00 c	não significativo	
Semente 0,5%	53,21 b	61,23 a	50,71 b	65,53 b	$Y = 53,65 + 0,0444X$	$R^2 = 59,00\%$
Semente 5,0%	0,00 c	0,00	0,00	0,00 c	não significativo	

¹ Médias seguidas de mesma letra, na coluna, não diferem entre si pelo teste de Duncan, a 5,0% de probabilidade.

Os compostos secundários podem retardar ou acelerar o desenvolvimento e mesmo interferir no ciclo de vida dos insetos. Algumas substâncias podem interromper os principais estádios do desenvolvimento metabólico, causar morte rápida dos insetos ou atuar como atraente, deterrente, fagostimulante e antifedante, ou mesmo inviabilizar a postura. Em todas as épocas de avaliação, os *pellets* produzidos a partir de estruturas do mentrasto, na concentração de 0,5%, exceto para raiz, prolongaram a duração da fase ninfal de *S. oryzae* (Tabela 2). De modo geral, independentemente do tempo de armazenamento, quando foram empregados pós de raiz a 0,5%, a duração da fase imatura foi semelhante à do tratamento testemunha, apresentando o menor tempo para que o inseto completasse seu ciclo.

Na avaliação realizada aos dois dias após a instalação do experimento, verificou-se que, com o emprego de pós de raiz, folha e inflorescência a 0,5%, a duração da fase imatura do caruncho não era afetada, mas, quando foi empregada a concentração de 5,0% de folha, inflorescência e semente de mentrasto, não houve emergência de inseto em nenhuma

das avaliações. Nos *pellets* armazenados por 60 dias e produzidos com folha e semente a 0,5%, houve aumento da duração da fase imatura do caruncho. Nos tratamentos com raiz a 5,0% e armazenados por 120 e 180 dias, foi observado o alongamento da fase imatura. O aumento no período na fase imatura é muito importante, pois determina o número de dias necessários para que a fase adulta seja alcançada, o que pode implicar em redução populacional do inseto. Entretanto, a quantidade de grão ou produto armazenado consumido é maior, podendo se tornar não econômico. O elevado número de indivíduos obtidos em cada reprodução e o aumento do número de gerações pode permitir que poucos indivíduos, em curto período de tempo, formem uma população considerável (Puzzi 1971).

Na concentração com 0,5% de raiz e de inflorescência e na testemunha, estimou-se que houve redução na duração da fase imatura até 63, 41 e 63 dias de armazenamento, respectivamente, e depois aumento. O mesmo foi observado no tratamento com raiz a 5,0%, com redução na fase imatura até 79 dias. *Pellets* produzidos com folha e semente, a

0,5%, armazenados por 180 dias, ainda mantinham suas atividades inseticidas, pois, nestes tratamentos, houve aumento linear no número de dias para que o caruncho atingisse a fase adulta. Segundo Gwinner (1997), o ciclo de vida de *S. oryzae* varia entre 35 e 110 dias, sob condições ótimas de temperatura (28°C) e umidade relativa (70%). Nas condições do experimento, a umidade relativa manteve-se na faixa ótima. Entretanto, a temperatura esteve abaixo, mas dentro da faixa considerada ideal para o desenvolvimento deste inseto, que é de 17°C a 34°C.

De modo geral, exceto aos 180 dias, não houve efeito no peso seco dos insetos dos *pellets* produzidos com as diferentes estruturas do mentrasto, na concentração de 0,5% (Tabela 3). O efeito negativo dos tratamentos com folha e semente, a 0,5%, no desenvolvimento da fase imatura, em *pellets* armazenados por 180 dias, refletiu no peso seco dos insetos, sendo observadas reduções, em relação à testemunha, de 25,97% e 18,18%, respectivamente. O menor peso do inseto estava associado ao maior número de emergência. A quantidade de material do *pellet* não foi suficiente para alimentar a população emergente, reduzindo seu peso. Evangelista Júnior et

al. (2003) observaram que, em percevejos do gênero *Podisus*, a análise do peso de adultos pode indicar se houve sucesso reprodutivo dos insetos, pois aqueles com maior peso apresentam maior longevidade e capacidade reprodutiva (Zanuncio et al. 1992).

Com relação ao efeito de armazenamento dos *pellets*, em cada tratamento, verificou-se que o peso seco dos insetos, nos tratamentos testemunha; raiz a 0,5% e 5,0%; e inflorescência e semente a 0,5%, foi reduzido até 95, 97, 91, 103 e 123 dias, respectivamente (Tabela 3). Na testemunha, o aumento na taxa de reprodução esteve associado à manutenção constante do peso do *pellet*, que causou redução no peso seco dos insetos, o que também foi observado por Asawalam & Hassanali (2006), em *S. zeamais*. Quando o *pellet* foi produzido com folha a 0,5%, houve redução linear na matéria seca do inseto, em função do tempo de armazenamento.

Em relação à porcentagem de perda de peso seco dos *pellets*, verificou-se que, de modo geral, as testemunhas sempre apresentaram maiores valores, devido ao maior número de insetos presentes e ao conseqüente aumento no consumo do *pellet* (Tabela 3). As perdas de peso em grãos armazenados,

Tabela 3. Efeito das concentrações de 0,5% e 5,0% de diferentes estruturas de plantas de mentrasto, em *pellets* armazenados por 2, 60, 120 e 180 dias, no peso seco médio de *S. oryzae* (mg) e na porcentagem de perda de peso dos *pellets* (Campinas, SP, 2005).

Estrutura do mentrasto e sua concentração no <i>pellet</i>	Período de armazenamento dos <i>pellets</i>				Equações de regressão e respectivos coeficientes de determinação
	2 dias	60 dias	120 dias	180 dias	
	Peso seco de inseto (mg)				
Testemunha	0,79 a	0,61 ab	0,53 ab	0,77 a	$Y = 0,81 - 0,0057X + 0,000030X^2$ $R^2 = 94,60\%$
Raiz 0,5%	0,77 ab	0,49 b	0,47 ab	0,71 ab	$Y = 0,78 - 0,0070X + 0,000036X^2$ $R^2 = 99,95\%$
Raiz 5,0%	0,64 b	0,00 c	0,40 b	0,50 d	$Y = 0,59 - 0,0095X + 0,000052X^2$ $R^2 = 76,99\%$
Folha 0,5%	0,73 ab	0,68 a	0,58 a	0,57 cd	$Y = 0,72 - 0,00095X$ $R^2 = 94,50\%$
Folha 5,0%	0,00 c	0,00 c	0,00 c	0,00 e	não significativo
Inflorescência 0,5%	0,73 ab	0,59 ab	0,57 a	0,67 abc	$Y = 0,74 - 0,0035X + 0,000017X^2$ $R^2 = 99,89\%$
Inflorescência 5,0%	0,00 c	0,00 c	0,00 c	0,00 e	não significativo
Semente 0,5%	0,71 ab	0,70 a	0,46 ab	0,63 bc	$Y = 0,75 - 0,0032X + 0,000013X^2$ $R^2 = 70,66\%$
Semente 5,0%	0,00 c	0,00 c	0,00 c	0,00 e	não significativo

Estrutura do mentrasto e sua concentração no <i>pellet</i>	Período de armazenamento dos <i>pellets</i>				Equações de regressão e respectivos coeficientes de determinação
	2 dias	60 dias	120 dias	180 dias	
	Perda de peso seco dos <i>pellets</i> (%)				
Testemunha	8,16 a	3,73 a	7,47 a	6,07 a	não significativo
Raiz 0,5%	6,95 a	2,22 b	4,83 b	5,34 a	não significativo
Raiz 5,0%	0,63 c	0,20 d	2,10 c	0,99 de	não significativo
Folha 0,5%	4,67 b	0,82 cd	4,38 b	1,98 cd	não significativo
Folha 5,0%	0,03 c	0,39 d	1,25 c	0,73 de	não significativo
Inflorescência 0,5%	4,19 b	1,91 bc	5,11 b	3,18 bc	não significativo
Inflorescência 5,0%	0,07 c	0,49 d	1,08 c	0,76 de	não significativo
Semente 0,5%	3,78 b	2,60 ab	5,56 b	3,92 b	não significativo
Semente 5,0%	0,08 c	0,31 d	0,81 c	0,54 e	não significativo

¹ Médias seguidas de mesma letra, na coluna, não diferem entre si, pelo teste de Duncan, a 5,0% de probabilidade.

causadas pelo inseto, devem-se, principalmente, à transformação do substrato em gás carbônico e à energia dissipada (Almeida Filho et al. 2002). Os tratamentos em que não emergiram insetos apresentaram valores próximos de zero, indicando baixa taxa ou inexistência de consumo. Não houve efeito de tempo de armazenamento dos *pellets* na perda de peso seco destes (Tabela 3).

No bioensaio com óleo essencial, foi observada ação tóxica sobre o inseto, principalmente em *pellets* com dois dias. De modo geral, exceto na testemunha, em todos os tratamentos, com as diversas concentrações do óleo essencial de mentrasto, o número de insetos em *pellets* armazenados por dois dias foi menor que os observados aos 60 dias (Tabela 4). Os resultados indicaram que houve perda do efeito inseticida do óleo, com o decorrer do tempo de armazenamento, mesmo para a maior concentração (0,500 $\mu\text{L L}^{-1}$). Segundo Kong et al. (2005), o efeito inseticida do óleo essencial obtido de mentrasto, em condições ambientes, se manteve apenas por 48 horas e a perda da ação se deve à volatilidade deste composto.

Em *pellets* com dois dias, o número médio de insetos emergidos foi reduzido linearmente, com o aumento da concentração do óleo essencial, mas nenhuma das concentrações foi suficiente para impedir a emergência. Bouda et al. (2001) avaliaram o efeito das mesmas concentrações de óleo essencial usadas neste experimento, na mortalidade de *S. zeamais*, e verificaram que, com o aumento da concentração,

a mortalidade aumentava. A diferença entre a ação tóxica do mentrasto usado por Bouda et al. (2001) e a deste experimento se deve à variação genética existente entre os acessos usados. Castro et al. (2004) avaliaram cinco acessos brasileiros de mentrasto e verificaram que plantas que ocorrem ao longo de um gradiente ambiental variam em suas constituições genéticas e atividades fisiológicas, condicionadas pelo processo de seleção natural. Embora ambos os acessos pertencessem à mesma espécie, responderam de modo diferente a um dado grau de tensão ambiental, variando o metabolismo de seus organismos e de seus produtos.

Houve aumento no número de insetos em *pellets* armazenados por 60 dias, até a concentração estimada de 0,38 $\mu\text{g/L}$ e, a partir desta dose, redução. Segundo Coitinho et al. (2006), a redução no número de insetos, em função do aumento da concentração de óleo essencial, é decorrente das ações de contato e ingestão presentes no produto.

A ingestão do óleo essencial pelo inseto promoveu aumento linear na duração da fase imatura, sendo mais evidenciado pelos resultados obtidos com *pellets* armazenados por 60 dias que por dois dias (Tabela 4). Ming (1999) relatou que há grande variabilidade na composição dos metabólitos secundários de mentrasto. No óleo essencial obtido a partir de folhas, foram identificados cromenos, principalmente precoceno I e precoceno II, com atividade antagonista ao hormônio juvenil dos insetos, causando metamorfose prematura, produção

Tabela 4. Efeito das concentrações de óleo essencial obtido das folhas de mentrasto, no número médio de insetos, duração da fase imatura, peso seco médio de *S. oryzae* e porcentagem de perda de peso seco dos *pellets*, em função dos tempos de armazenamento (Campinas, SP, 2005).

Tempo (dias)	Concentração do óleo essencial de folhas de mentrasto ($\mu\text{g L}^{-1}$)						Equações de regressão e respectivos coeficientes de determinação		
	0	0,012	0,025	0,050	0,100	0,200			0,500
Número de insetos									
2 dias	35,4 a	14,5 b	19,6 b	25,4 a	22,4 a	10,6 b	7,6 b	$Y = 4,94 - 4,47X$	$R^2 = 76,11\%$
60 dias	30,0 b	32,6 a	31,9 a	19,0 b	21,1 a	17,6 a	13,7 a	$Y = 5,63 - 10,22X + 13,31X^2$	$R^2 = 80,22\%$
Duração da fase imatura (dias)									
2 dias	41,2 b	41,1 b	45,0 b	43,3 b	41,5 b	43,7 b	46,8 b	$Y = 42,07 + 9,02X$	$R^2 = 74,91\%$
60 dias	52,6 a	50,2 a	55,9 a	54,9 a	54,4 a	55,9 a	61,8 a	$Y = 52,85 + 17,77X$	$R^2 = 88,44\%$
Peso seco de insetos (mg)									
2 dias	0,52 b	0,50 b	0,55 b	0,55 a	0,51 b	0,54 a	0,50 b	$Y = 0,52 + 0,13X - 0,36X^2$	$R^2 = 51,76\%$
60 dias	0,68 a	0,90 a	0,94 a	0,62 a	0,82 a	0,60 a	0,66 a	$Y = 0,82 - 1,23X + 1,78X^2$	$R^2 = 52,00\%$
Perda de peso seco dos <i>pellets</i> (%)									
2 dias	17,7 a	5,9 b	9,8 b	12,7 a	11,8 a	5,5 a	4,5 a	$Y = 11,78 - 16,38X$	$R^2 = 61,23\%$
60 dias	7,5 b	11,4 a	11,0 a	4,2 b	7,5 b	7,2 a	5,8 a	Não significativo	

¹ Médias seguidas de mesma letra, na coluna, não diferem entre si, pelo teste de Duncan, a 5,0% de probabilidade.

de fêmeas estéreis e adultos malformados (Bowers et al. 1976). Em *pellets* armazenados por dois e 60 dias, foram observados redução e aumento no peso seco de insetos, até as concentrações de 0,18 $\mu\text{g L}^{-1}$ e 0,35 $\mu\text{g L}^{-1}$, respectivamente.

Nos tratamentos com óleo essencial, de modo geral, em função do maior número de insetos, a perda de peso seco dos *pellets* foi maior na avaliação realizada aos 60 dias (Tabela 4). Quando os *pellets* foram armazenados por dois dias, houve redução linear na perda de seu peso seco, com o aumento da dose de óleo essencial. Aos 60 dias, não houve interação entre tempo de armazenamento e concentração do óleo essencial presente no *pellet*.

CONCLUSÕES

1. Mentrasto apresenta ação inseticida em *S. oryzae*, mas esta é dependente da estrutura da planta e da concentração no *pellet*.
2. Na concentração de 0,5%, os *pellets* produzidos com folha e sementes controlaram *S. oryzae*, afetando mais a emergência de insetos que a duração de sua fase imatura.
3. *Pellets*, na concentração de 5,0%, produzidos com pós de quaisquer das estruturas de mentrasto, exceto raiz, podem ser armazenados até 180 dias, sem que percam sua atividade inseticida. Na concentração de 0,5%, o período de armazenamento deve ser inferior a 60 dias.
4. *Pellets* produzidos com óleo essencial obtido de folha de mentrasto reduzem a população de *S. oryzae*, mas não a eliminam, quando em concentração de até 0,5 $\mu\text{g L}^{-1}$.
5. *Pellets* produzidos a partir de óleo essencial obtido de folha de mentrasto não podem ser armazenados em condições ambientes, pois perdem, rapidamente, sua atividade inseticida.

REFERÊNCIAS

ALMEIDA FILHO A. J. et al. Determinação da perda de peso do milho (*Zea mays*) provocada por *Sitophilus oryzae* e *Sitophilus zeamais*. *Ecossistema*, Espírito Santo do Pinhal, v. 27, n. 1/2, p. 41-44, 2002.

ASAWALAM, E. F.; HASSANALI, A. Constituents of the essential oil of *Vernonia amygdalina* as maize weevil protectants. *Tropical and Subtropical Agrosystems*, Yucatán, v. 6, n. 1, p. 95-102, 2006.

BOUDA, H. et al. Effect of essential oils from leaves of *Ageratum conyzoides*, *Lantana camara* and *Chromolaena odorata* on the mortality of *Sitophilus zeamais* (Coleoptera, Curculionidae). *Journal of Stored Products Research*, Oxford, v. 37, n. 2, p. 103-109, 2001.

BOWERS, W. S. et al. Discovery of insect anti-juvenile hormones in plants. *Science*, Washington, v. 193, n. 4253, p. 542-547, 1976.

CASTRO, H. G. et al. Teor e composição do óleo essencial de cinco acessos de mentrasto. *Química Nova*, São Paulo, v. 27, n. 1, p. 55-57, 2004.

COITINHO, R. L. B. C. et al. Atividade inseticida de óleos vegetais sobre *Sitophilus zeamais* Mots (Coleoptera: Curculionidae) em milho armazenado. *Caatinga*, Mossoró, v. 19, n. 2, p. 176-182, 2006.

DALE, M. J. *A Review of plant materials used for controlling insect pests of stored products*. Chatam: Natural Resources Institute, 1996.

EVANGELISTA JÚNIOR, W. S. et al. Efeito de plantas daninhas e do algodoeiro no desenvolvimento, reprodução e preferência para oviposição de *Podisus nigrispinus* (Dallas) (Heteroptera: Pentatomidae). *Neotropical Entomology*, Londrina, v. 32, n. 4, p. 677-684, 2003.

GBOLADE, A. A. et al. Insecticidal activity of *Ageratum conyzoides* L. volatile oil against *Callosobruchus maculatus* F. in seed treatment and fumigation laboratory tests. *Insect Science and Its Application*, Cambridge, v. 19, n. 2, p. 237-240, 1999.

GWINNER, J. Pragas de armazenagens importantes. In: GWINNER, J. (Ed.) *Manual sobre a prevenção de perdas de grãos depois da colheita*. Eschborn: GTZ, 1997.

HAQUE, M. A. et al. Development-inhibiting activity of some tropical plants against *Sitophilus zeamais* Motschulsky (Coleoptera: Curculionidae). *Journal of Stored Products Research*, Oxford, v. 36, n. 3, p. 281-287, 2000.

KIM, S. I. et al. Insecticidal activities of aromatic plant extracts and essential oil against *Sitophilus oryzae* and *Callosobruchus chinensis*. *Journal of Stored Products Research*, Oxford, v. 39, n. 3, p. 293-303, 2003.

KISSMANN, K. G.; GROTH, D. *Plantas infestantes e nocivas*. São Paulo: Basf, 1999.

KONG, C. et al. Allelopathic potential and chemical constituents of volatile oil from *Ageratum conyzoides*. *Journal of Chemical Ecology*, Amsterdam, v. 25, n. 10, p. 2347-2356, 1999.

KONG, C. et al. Allelopathic potential and chemical constituents of volatile oil from *Ageratum conyzoides* under stress. *Journal of Chemical Ecology*, Amsterdam, v. 28, n. 6, p. 1173-1182, 2002.

- KONG, C. et al. Volatile allelochemicals in the *Ageratum conyzoides* intercropped citrus orchard and their effects on mites *Amblyseius newsami* and *Panonychus citri*. *Journal of Chemical Ecology*, Amsterdam, v. 31, n. 9, p. 2193-2203, 2005.
- MING, L. C. *Ageratum conyzoides*: a tropical source of medicinal and agricultural products. In: JANICK, J. (Ed.). *Perspectives on new crops and new uses*. Alexandria: ASHS Press, 1999. p. 469-473.
- MOHAN, S.; FIELDS, P. G. A simple technique to assess compounds that are repellent or attractive to stored-products insects. *Journal of Stored Products Research*, Oxford, v. 38, n. 1, p. 23-31, 2002.
- NOVO, J. P. S. et al. Efeito de *Cyperus iria* L. (Cyperaceae) no desenvolvimento de *Sitophilus oryzae* (L., 1763) (Coleoptera: Curculionidae) em pellets de trigo (*Triticum aestivum* L.) - Poaceae. In: REUNIÃO ANUAL DO INSTITUTO BIOLÓGICO, 16., 2003, São Paulo. *Resumos...* São Paulo: Instituto Biológico, 2003. p. 364-368.
- NOVO, J. P. S. et al. Método para avaliar o efeito de material vegetal no desenvolvimento de pragas de grãos armazenados. I. Desenvolvimento de *Sitophilus oryzae* (L.) (Coleoptera: Curculionidae) em pellets de trigo. In: REUNIÃO ANUAL DO INSTITUTO BIOLÓGICO, 15., 2002, São Paulo. *Resumos...* São Paulo: Instituto Biológico, 2002. p. 235-237.
- PUNGITORE, C. R. et al. Insecticidal and antifeedant effects of *Junellia aspera* (Verbenaceae) triterpenes and derivatives on *Sitophilus oryzae* (Coleoptera: Curculionidae). *Journal of Stored Products Research*, Oxford, v. 41, n. 4, p. 434-443, 2005.
- PUZZI, D. *Manual de armazenamento de grãos*. São Paulo: Agronômica Ceres, 1977.
- RAO, J.; PRADASH, A. Goat weed, *Ageratum conyzoides* Linn. (Asteraceae): a rice grain protectant against storage insects. *Journal of Applied Zoological Researches*, New Delhi, v. 12, n. 2, p. 152-156, 2001.
- ROSENTHAL, G. A.; BEREMBAUM, M. R. (Eds.). *Herbivores: their interaction with secondary plant metabolites*. San Diego: Academic Press, 1991.
- SHARDA, S.; RAO, P. J. Effect of *Ageratum conyzoides* on feeding, development and reproduction of *Schistocerca gregaria* (Forsk.) (Orthoptera: Acrididae). *Pesticide Research Journal*, New Delhi, v. 12, n. 2, p. 204-209, 2000.
- STEEL, R. G. D.; TORRIE, J. H. Analysis of variance. IV: split-plot designs and analysis. In: STEEL, R. G. D.; TORRIE, J. H. (Eds.). *Principles and procedures of statistics*. 2. ed. New York: McGraw Hill, 1980. p. 377-400.
- XUAN, T. D. et al. Assessment of phytotoxic action of *Ageratum conyzoides* L. (billy goat weed) on weeds. *Crop Protection*, Oxford, v. 23, n. 10, p. 915-922, 2004.
- ZANUNCIO, J. C. et al. Avaliação de parâmetros de fecundidade de *Podisus connexivus* (Hemiptera: Pentatomidae) de diferentes pesos. *Revista Ceres*, São Paulo, v. 39, n. 226, p. 591-596, 1992.