

EFEITOS DE INSETICIDAS SOBRE A REPRODUÇÃO E SOBREVIVÊNCIA DO BICUDO-DO-ALGODOEIRO *Anthonomus grandis* BOH. (COLEOPTERA: CURCULIONIDAE) EM CONDIÇÕES DE LABORATÓRIO

Maurício Sekiguchi Godoy

Professor do Departamento de Ciências Vegetais/ Área de Fitossanidade, Universidade Federal Rural do Semi-Árido (UFERSA), Km 47 – BR 110, CEP 59.625-900, Mossoró, Rio Grande do Norte e-mail: msdgodoy@ufersa.edu.br.

Octávio Nakano

Professor Aposentado do Departamento de Entomologia, Fitopatologia e Zoologia Agrícola, Universidade de São Paulo/ Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz” (ESALQ), CEP: 13.419-900, Piracicaba, São Paulo

RESUMO - O presente trabalho teve por objetivo avaliar o efeito de inseticidas sobre a reprodução e sobrevivência do bicudo-do-algodoeiro. Os experimentos foram conduzidos em condições de laboratório, no Departamento de Entomologia da Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, com insetos adultos, em delineamento inteiramente ao acaso. Quando ambos os sexos foram contaminados, o ensaio era representado por cinco tratamentos e dez repetições, sendo a parcela constituída de um casal. Quando fêmeas ou machos foram contaminados, o bioensaio constituiu-se de cinco tratamentos e seis repetições, com as parcelas igualmente representadas. Em ambos os ensaios, os insetos eram mantidos à temperatura de $25\pm 2^{\circ}\text{C}$, UR de $70\pm 10\%$ e fotofase de 12 horas. Deltametrina, abamectina, diflubenzurom e diflubenzurom em mistura com óleo vegetal, foram diluídos em água nas maiores dosagens recomendados à cultura, sendo aplicados com pulverizador motorizado. Deltametrina foi o único tratamento que causou mortalidade significativa nos adultos de bicudo, sendo os machos mais suscetíveis que as fêmeas. No que diz respeito à capacidade de oviposição, número médio de ovos, abamectina apresentou o maior efeito de redução em ambos os trabalhos. Na viabilidade de ovos, abamectina, diflubenzurom e diflubenzurom mais óleo vegetal, foram os tratamentos mais expressivos na redução desse parâmetro biológico.

Palavras-chave: Algodão, Controle químico, Manejo de pragas, Químioesterilização.

EFFECTS OF INSECTICIDES ON THE REPRODUCTION AND SURVIVAL OF COTTON BOLL WEEVIL *Anthonomus grandis* BOH. (COLEOPTERA: CURCULIONIDAE) IN LABORATORY CONDITIONS

ABSTRACT - The present work aimed at evaluating the effect of insecticides on the reproduction and survival of cotton boll weevil. The experiments were carried out under laboratory condition, of the Entomology Department at Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, whit adult insects, set in a completely randomized design. When both sexes were contaminated, the trial was represented by five treatments and ten replications, being each plot constituted of a couple of boll weevil. When only females or males were contaminated, the bioassay was constituted of five treatments and six replications, with the plots equally represented. In both trials, the insects were maintained at $25\pm 2^{\circ}\text{C}$, $70\pm 10\%$ RH and 12-hour photophase. Deltamethrin, abamectin, diflubenzuron and diflubenzuron mixed with vegetable oil. All products were diluted in water at the highest dosages recommended to the culture, they were applied by the aid of a powered sprayer. Deltamethrin was the only treatment that caused significant mortality in adults, being males more susceptible than females. Regarding the oviposition and the average numbers of eggs, abamectin showed the largest reduction effect in both trials. For egg viability, abamectin, diflubenzuron and diflubenzuron mixed with vegetable oil were the most expressive treatments in the reduction of this biological parameter.

Key words: Cotton, Chemical control, Pest management, Chemical sterilization.

INTRODUÇÃO

Cultivado em diferentes localidades, o algodoeiro tornou-se de fundamental importância para a humanidade, devido à utilização dos seus produtos e subprodutos, assim como na área social, propiciando inúmeros empregos diretos e indiretos. No cenário mundial, o Brasil ocupa a quinta posição entre os maiores produtores de algodão, atrás da China, Índia, Estado Unidos e Paquistão (FAO, 2010).

Entretanto, muitos países enfrentam dificuldades em produzi-lo. Isso se dá, principalmente, devido à abertura de mercado, o que tem permitido a concorrência daqueles países que possuem melhor tecnologia e uma economia estável. Aliado a esses fatores pode-se citar, ainda, a alta incidência de pragas, a resistência dessas aos inseticidas utilizados, o impacto ambiental causado pelo uso indiscriminado de produtos fitossanitários e o surgimento de insetos vetores de patógenos.

No Brasil, dentre as inúmeras pragas de importância fitossanitária, destaca-se o bicudo do algodoeiro *Anthonomus grandis* (Boheman, 1843) (Coleoptera: Curculionidae). Esta praga foi detectada em algodoeiros no Brasil em fevereiro de 1983 em Campinas, São Paulo, e em julho do mesmo ano em Ingá, na Paraíba. Atualmente, encontram-se disseminada em quase todos os municípios dos Estados de São Paulo, Paraíba, Rio Grande do Norte, Pernambuco, Ceará e Piauí (BARBOSA et al., 1986). Estende-se também a outros estados como Mato Grosso, Mato Grosso do Sul e Goiás.

As perdas ocasionadas pelo inseto são variáveis em função da área e da estação de cultivo. O bicudo danifica tanto botões florais quanto maçãs e é responsável por perdas consideráveis nas safras algodoeiras. De acordo com algumas pesquisas, áreas que apresentam programas de manejo de pragas já estabelecidos, quando o bicudo do algodoeiro não é controlado, podem produzir perdas próximas a 40% (HENRIQUE, 2009). Embora o bicudo tenha sido objeto de estudo por vários anos, seu controle é extremamente difícil devido, principalmente, ao seu hábito alimentar, o que lhe permite ficar protegido das pulverizações de inseticidas (FONTES et al., 2006). Além, disso, a capacidade dos adultos de sobreviverem

durante a entressafra garante o seu reaparecimento no ano seguinte.

O excesso de pulverizações para o controle do bicudo geralmente provoca o surgimento de outras pragas consideradas de importância secundária. Isso se dá devido à destruição de seus predadores, o que justifica a necessidade de investigar métodos de controle que causem menor impacto ao ambiente e que possam ser utilizados em futuros programas de Manejo Integrado de Pragas (MIP). Abordado por alguns pesquisadores, os quimioesterilizantes, além de possibilitarem sua inclusão em diferentes fontes alimentares dos insetos, podem ser aplicados nos locais onde os insetos se desenvolvem ou ainda sobre os mesmos. Possui, ainda, uma gama de vantagens sobre os inseticidas convencionais, uma vez que, os organismos esterilizados são biologicamente capazes de suprimir a reprodução da população fértil restante. Os organismos esterilizados sobrevivem, também, às várias gerações subsequentes, sendo responsáveis em manter o processo de supressão reprodutiva, além de competirem com os demais organismos normais em cópulas (CHACÓN, 1988).

Baseando-se nessas informações, o presente trabalho tem como principal objetivo estudar a eficiência de alguns inseticidas, que possam apresentar ação quimioesterilizante, viabilizando-os para o controle do bicudo do algodoeiro e fornecendo subsídios para a integração de métodos de controle, em programas de MIP no complexo cotonícola.

MATERIAL E MÉTODOS

Os experimentos foram conduzidos em laboratórios do Departamento de Entomologia, Fitopatologia e Zoologia Agrícola da ESALQ, em Piracicaba, estado de São Paulo. Os insetos utilizados nos ensaios foram provenientes de criação mantida em laboratório, em sala climatizada a $25 \pm 2^\circ\text{C}$, umidade relativa de $70 \pm 10\%$ e fotofase de 12 horas. Os inseticidas utilizados nos bioensaios, com seus respectivos nomes comerciais e técnicos, concentrações e formulações estão apresentados na Tabela 1. As aplicações foram realizadas por meio de pulverizador motorizado (pistola de pintura da marca Arpex[®] acoplada a um regulador de pressão (5 lb pol⁻²), com volume médio de aplicação de 400 L de calda por hectare.

Tabela 1. Produtos avaliados para o controle do bicudo do algodoeiro *A. grandis*.

Nome comercial	Nome técnico	Concentração - Formulação	Dosagem (g ou mL i.a. /L H ₂ O)	Grupo químico
Decis 25 CE	Deltametrina	25 g/L – CE	400 mL/ha	Piretróide
Dimilin	Diflubenzurom	250 g/kg – PM	60 g/ha	Benzoiluréia
Dimilin + Natur'l Óleo	Diflubenzurom + Óleo vegetal	250 g/kg – PM + 930 mL/L	60 g/ha + 0,25%	Benzoiluréia + Ésteres de ácidos graxos com glicerol
Vertimec	Abamectina	18 g/L – CE	0,6 L/ha	Lactona

Fêmeas e machos contaminados

Adultos virgens de *A. grandis* com até 48 horas de idade, obtidos da criação, em número de dez casais por tratamento, foram expostos aos resíduos dos inseticidas e de água (testemunha) presentes em folhas de algodoeiro tratadas. Para a contaminação dos insetos, foram utilizados tubos plásticos de cloreto de polivinila (PVC) de 40 mm de diâmetro, os quais foram cortados, obtendo-se dez peças de 20 cm de comprimento (adaptado de NAKANO, 1991). Em seguida, cada peça foi cortada ao meio, longitudinalmente, obtendo-se dois moldes idênticos.

No interior desses moldes foram fixados, com auxílio de fita adesiva, pedaços de folhas de algodoeiro cortadas previamente com tesoura, recobrando desta forma todo o interior dos moldes de PVC. As folhas de algodoeiro foram coletadas de plantas cultivadas em vasos, mantidos em casa de vegetação no Departamento de Entomologia da ESALQ, as quais se encontravam isentas de produtos químicos. Antes de serem fixadas nos moldes de PVC, as folhas foram umedecidas com água destilada e secas com papel-toalha, garantindo a eliminação de possíveis resíduos que poderiam interferir nos resultados.

Após revestimento dos moldes, as folhas de algodoeiro foram submetidas às aplicações dos inseticidas e de água e, posteriormente, mantidas no Laboratório de Defensivos Químicos da ESALQ por aproximadamente 20 minutos até a evaporação do excesso de umidade do material. Em seguida, os moldes de PVC foram unidos com auxílio de fita adesiva, obtendo-se uma única peça. Garrafas plásticas com capacidade para 250 mL e em número de 20, contendo machos ou fêmeas do bicudo, foram inseridas nas duas extremidades dos moldes, permitindo dessa forma que, os insetos fossem introduzidos por uma das extremidades e recapturadas pela outra, ocorrendo assim, a intoxicação dos adultos pelo contato dos tarsos nas folhas tratadas.

A passagem dos adultos, machos ou fêmeas, no interior dos moldes, ocorreu sempre em um total de dez por vez para cada tratamento. Em seguida, esses insetos foram distribuídos com auxílio de pincel de

ponta fina em placas de Petri de 6,0 cm de diâmetro (um casal/placa), contendo a mesma dieta artificial da criação de laboratório, permitindo-lhes a alimentação e oviposição. As placas contendo os casais foram transferidas para câmara climatizada regulada a 25±2°C, UR de 70±10% e fotofase de 12 horas. Decorridas 24 horas da contaminação e durante 28 a 30 dias, realizaram-se avaliações diárias de mortalidade dos adultos. A cada cinco dias, efetuou-se a contagem do número de ovos depositados por placa, transferindo-se os insetos sobreviventes para outras placas, ofertando-lhes novas dietas. As placas em que se realizavam as contagens de ovos foram mantidas nas mesmas condições descritas anteriormente, durante cinco a seis dias, tempo suficiente para quantificar a viabilidade de oviposição durante a condução do bioensaio.

O delineamento experimental utilizado foi inteiramente ao acaso, com cinco tratamentos e 10 repetições, sendo a parcela constituída de um casal do bicudo do algodoeiro por placa. Os parâmetros avaliados foram: à mortalidade de adultos, número médio de ovos depositados por fêmea e a viabilidade dos seus ovos.

Fêmeas contaminadas acasaladas com machos não contaminados e fêmeas não contaminadas acasaladas com machos contaminados

Machos e fêmeas virgens de *A. grandis* com até 48 horas de idade, obtidos da criação de laboratório, devidamente separados por sexo, em número de doze casais por tratamento, foram expostos aos resíduos dos inseticidas e de água (testemunha) presentes em folhas de algodoeiro tratadas, utilizando-se da mesma metodologia e produtos descritos para o bioensaio anterior. A passagem de adultos por sobre as folhas de algodoeiro contaminadas com os inseticidas ou com água ocorreu com machos e fêmeas separadamente. Neste experimento utilizaram-se seis casais com machos contaminados e outros seis casais com fêmeas contaminadas, totalizando doze casais para cada tratamento. Em seguida, cada casal foi individualizado, com auxílio de pincel de ponta fina,

em placa de Petri de 6,0 cm de diâmetro, contendo a mesma dieta artificial da criação de laboratório, permitindo-lhes a alimentação e oviposição. As placas contendo os casais foram transferidas para câmara climatizada regulada a $25\pm 2^\circ\text{C}$, UR de $70\pm 10\%$ e fotofase de 12 horas.

Decorridas 24 horas da contaminação e durante 28 a 30 dias, realizaram-se avaliações diárias de mortalidade dos adultos. A cada cinco dias, realizou-se a contagem do número de ovos por placa, sendo que os insetos sobreviventes foram transferidos para outras placas, as quais continham novas dietas. As placas em que se realizaram as contagens de ovos foram mantidas nas mesmas condições descritas anteriormente, por um período de cinco a seis dias, tempo suficiente para quantificar a viabilidade dos ovos durante a condução do bioensaio.

Utilizou-se delineamento experimental inteiramente ao acaso, com cinco tratamentos e seis

repetições para cada sexo tratado, sendo a parcela constituída de um casal de *A. grandis*. Avaliaram-se: o número médio de ovos depositados por adultos expostos a resíduos dos inseticidas e a viabilidade dos seus ovos.

Análise estatística

Os dados obtidos nos experimentos foram submetidos às análises de variância, em um modelo de parcelas subdivididas no tempo, com os produtos nas parcelas, sendo as médias comparadas pelo teste de Tukey a 5% de significância. Antes de se processarem as análises de variância os dados foram submetidos ao teste de homocedasticidade de variâncias por meio do Teste de Hartley, sendo os valores obtidos comparados aos valores críticos de Pearson & Hartley (1970).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Fêmeas e machos contaminados

Apenas deltametrina, dentre os pesticidas testados, causou mortalidade de adultos de *A. grandis* quando os insetos foram expostos a folhas de algodoeiro tratadas

com esse composto. Machos dessa espécie mostraram-se significativamente mais suscetíveis a esse produto quando comparado às fêmeas ao longo de todas as avaliações realizadas, sendo que a mortalidade máxima foi de 80% para machos e de 50% para fêmeas (Tabela 2).

Tabela 2. Mortalidade (%) (\pm EP) de machos e fêmeas de *A. grandis* expostos a folhas de algodoeiro contaminadas com os inseticidas, com avaliações a cada cinco dias após a exposição (1) (2).

Tratamentos	1ª avaliação		2ª avaliação		3ª avaliação	
	♂ (3)	♀ (4)	♂ (3)	♀ (4)	♂ (3)	♀ (4)
Abamectina	0,0 \pm 0,0a	0,0 \pm 0,0a	0,0 \pm 0,0a	0,0 \pm 0,0a	0,0 \pm 0,0a	0,0 \pm 0,0a
Deltametrina	60 \pm 16,3a	20 \pm 13,3b	60 \pm 16,3a	20 \pm 13,3b	80 \pm 13,3a	50 \pm 16,7b
Diflubenzurom	0,0 \pm 0,0a	0,0 \pm 0,0a	0,0 \pm 0,0a	0,0 \pm 0,0a	0,0 \pm 0,0a	0,0 \pm 0,0a
Diflubenzurom + óleo	0,0 \pm 0,0a	0,0 \pm 0,0a	0,0 \pm 0,0a	0,0 \pm 0,0a	0,0 \pm 0,0a	0,0 \pm 0,0a
Testemunha	0,0 \pm 0,0a	0,0 \pm 0,0a	0,0 \pm 0,0a	0,0 \pm 0,0a	0,0 \pm 0,0a	0,0 \pm 0,0a

Tratamentos	4ª avaliação		5ª avaliação	
	♂ (3)	♀ (4)	♂ (3)	♀ (4)
Abamectina	0,0 \pm 0,0a	0,0 \pm 0,0a	0,0 \pm 0,0a	0,0 \pm 0,0a
Deltametrina	80 \pm 13,3a	50 \pm 16,7b	80 \pm 13,3a	50 \pm 16,7b
Diflubenzurom	0,0 \pm 0,0a	0,0 \pm 0,0a	0,0 \pm 0,0a	0,0 \pm 0,0a
Diflubenzurom + óleo	0,0 \pm 0,0a	0,0 \pm 0,0a	0,0 \pm 0,0a	0,0 \pm 0,0a
Testemunha	0,0 \pm 0,0a	0,0 \pm 0,0a	0,0 \pm 0,0a	0,0 \pm 0,0a

(1) Médias seguidas pela mesma letra na linha, para cada avaliação, não diferem significativamente entre si pelo teste de Tukey ($P>0,05$).

(2) Dados transformados para arc sen raiz x/100.

(3) Fêmeas tratadas acasaladas com machos não tratados.

(4) Fêmeas não tratadas acasaladas com machos tratados.

Os resultados obtidos para a deltametrina inseto-praga quando comparado aos demais inseticidas demonstram sua alta toxicidade a essa espécie de inseticidas.

A maior suscetibilidade de machos a deltametrina, como observado no presente trabalho, deve estar relacionada à sua maior superfície específica quando comparado às fêmeas, o que normalmente acontece com a maioria das espécies, em que os machos são menores do que as fêmeas. Insetos de menor tamanho e, conseqüentemente, maior superfície específica, apresentam maior possibilidade de contaminação com produtos tóxicos, por exemplo, culminando com uma mortalidade mais elevada. Para diflubenzurom, aplicado isoladamente ou com adição de óleo vegetal, no entanto, a sobrevivência de todos os insetos-teste se deve ao seu particular modo de ação, não apresentando capacidade de atuar sobre adultos causando-lhes a morte.

As reduções observadas na capacidade de oviposição de fêmeas de *A. grandis* expostas a resíduos de abamectina durante as duas primeiras avaliações podem ser devido tanto ao seu modo de ação, quanto à sua capacidade quimioesterilizante. Em relação ao modo de ação, esse composto causa inibição do potencial pós-sináptico e, conseqüentemente, paralisa o inseto, reduzindo sua locomoção e oviposição, enquanto que sua ação quimioesterilizante pode ser responsável, também, por inibir completa ou parcialmente a postura em fêmeas tratadas ou expostas aos seus resíduos.

No que diz respeito aos resultados obtidos para o diflubenzurom, aplicado sozinho ou com adição de óleo, acredita-se que a dosagem ou mesmo a metodologia de exposição utilizada podem explicar a falta de efeito desse composto sobre a capacidade de oviposição dessa espécie de inseto, visto que estudos desenvolvidos por Mitchell et al. (1980) demonstraram que o tratamento de ambos os sexos por meio do fornecimento de dieta contendo diflubenzurom seguido da aplicação de radiação gama implicou em completa inibição da postura de fêmeas.

Nas duas últimas avaliações, nenhum dos inseticidas avaliados causou redução significativa no número de ovos depositados por fêmeas expostas a folhas de algodoeiro tratadas, em comparação ao tratamento testemunha, com médias que variaram de 14,3 a 19,5 ovos, e de 5,0 a 8,1 ovos, respectivamente, para a terceira e quarta avaliações (Tabela 3). Não foi possível avaliar os efeitos da deltametrina sobre a capacidade de oviposição de fêmeas do bicudo, em

Abamectina foi o único produto que reduziu significativamente o número médio de ovos depositados por fêmea do bicudo do algodoeiro tratada e acasalada com macho também tratado com esse composto, porém, apenas durante a primeira e segunda avaliações, com médias de 7,9 e 6,6 ovos, respectivamente. Ainda durante as duas primeiras avaliações, não foram observadas diferenças significativas no número médio de ovos depositados por fêmeas tratadas com diflubenzurom, com diflubenzurom + óleo, ou fêmeas pertencentes ao tratamento testemunha, com valores que variaram de 16,7 a 23,8 ovos durante a primeira avaliação, e de 8,8 a 15,7 ovos durante a segunda avaliação (Tabela 3).

função da elevada mortalidade de adultos observada (Tabelas 2 e 3).

De modo geral, a capacidade de oviposição de fêmeas expostas às plantas de algodoeiro tratadas com diflubenzurom ou com diflubenzurom + óleo oscilou de forma semelhante, ao longo das avaliações, à de fêmeas pertencentes ao tratamento testemunha, mantendo-se mais elevada durante as três primeiras avaliações e apresentando forte redução na última avaliação. Já para fêmeas expostas aos resíduos de abamectina verificou-se que o pico de oviposição ocorreu somente na terceira avaliação (Tabela 3).

A redução observada no número médio de ovos depositados por fêmeas expostas as folhas tratadas com os diversos inseticidas, sobretudo com água (testemunha), na última avaliação, pode ser decorrente tanto da longevidade das fêmeas, que é de cerca de 20 a 30 dias, coincidindo com o tempo de condução do bioensaio, quanto da capacidade intrínseca de oviposição da espécie, que varia de cerca de 100 a 300 ovos durante toda vida da fêmea.

Todos os inseticidas avaliados reduziram significativamente a viabilidade de ovos de fêmeas de *A. grandis* expostas aos resíduos desses compostos presentes em folhas de algodoeiro. Durante a primeira avaliação, abamectina, diflubenzurom e diflubenzurom + óleo proporcionaram eclosão de 25,5%; 10,8% e 14,4%, respectivamente, o que corresponde a reduções de 61,1%; 83,5% e 78,4% na viabilidade dos ovos de fêmeas tratadas, quando em comparação ao tratamento testemunha (Tabela 3).

Tabela 3. Número (\pm EP) e viabilidade de ovos (%) (\pm EP) provenientes de machos e fêmeas de *A. grandis* expostos a folhas de algodoeiro contaminadas com os inseticidas, com avaliações a cada cinco dias após a exposição (1).

Tratamentos	Número de ovos (2)			
	1ª avaliação	2ª avaliação	3ª avaliação	4ª avaliação
Abamectina	7,9 \pm 2,58 abB	6,6 \pm 2,18 bB	14,3 \pm 2,65 aA	5,0 \pm 1,55 bA
Deltametrina	-	-	-	-
Diflubenzurom	16,7 \pm 3,31 aAB	8,8 \pm 1,06 abAB	15,1 \pm 2,07 aA	5,2 \pm 0,95 bA
Diflubenzurom + óleo	23,8 \pm 5,34 aA	13,4 \pm 1,09 aAB	18,0 \pm 2,93 aA	6,0 \pm 0,83 bA
Testemunha	21,8 \pm 4,17 aA	15,7 \pm 1,37 abA	19,5 \pm 1,59 aA	8,1 \pm 0,95 bA

Tratamentos	Viabilidade (3)			
	1ª avaliação	2ª avaliação	3ª avaliação	4ª avaliação
Abamectina	25,5 \pm 10,44 bB	43,1 \pm 5,19 aA	13,5 \pm 5,03 bB	22,4 \pm 7,41 bB
Deltametrina	-	-	-	-
Diflubenzurom	10,8 \pm 5,32 aB	2,5 \pm 2,50 aB	0,7 \pm 0,52 aB	1,3 \pm 0,25 aC
Diflubenzurom + óleo	14,4 \pm 4,57 aB	3,8 \pm 2,75 abB	0,8 \pm 0,34 bB	2,9 \pm 0,86 abC
Testemunha	65,6 \pm 6,66 abA	73,9 \pm 6,80 abA	83,0 \pm 3,79 aA	46,9 \pm 6,34 bA

⁽¹⁾Médias seguidas pela mesma letra, minúscula na linha e maiúscula na coluna, não diferem significativamente entre si pelo teste de Tukey ($P>0,05$).

⁽²⁾Dados transformados para raiz $x+0,5$.

⁽³⁾Dados transformados para \arcsin raiz $x/100$.

Na segunda avaliação, porém, apenas diflubenzurom e diflubenzurom + óleo causaram reduções significativas na viabilidade de ovos de fêmeas do bicudo do algodoeiro, sendo que as porcentagens de viabilidade de ovos para esses tratamentos foram de 2,5% e 3,8%, respectivamente. Abamectina, por sua vez, permitiu eclosão de larvas em 43,1% dos ovos, valor semelhante ao do tratamento testemunha, que proporcionou viabilidade de 73,9% (Tabela 3).

Novamente, durante as duas últimas avaliações, todos os produtos reduziram significativamente a viabilidade de ovos de fêmeas dessa espécie de inseto-praga, sendo que na terceira avaliação, foram observadas as mais elevadas reduções. Abamectina reduziu em 83,7% a viabilidade de ovos das fêmeas, enquanto a aplicação de diflubenzurom e diflubenzurom + óleo vegetal reduziram em cerca de 99% esse parâmetro biológico. Na quarta e última avaliação, diflubenzurom aplicado sozinho ou com adição de óleo foram os tratamentos que mais afetaram negativamente essa característica biológica, tendo permitido viabilidade de apenas 1,3% e 2,9%, respectivamente, enquanto abamectina proporcionou viabilidade de cerca de 22% dos ovos (Tabela 3).

Durante a condução do bioensaio, diflubenzurom aplicado isoladamente não foi responsável por alterações significativas na viabilidade de ovos ao longo das avaliações, no entanto, foram registradas porcentagens de viabilidade sempre muito baixas. Para o diflubenzurom aplicado em conjunto com óleo vegetal verificaram-se oscilações significativas apenas

entre as médias da primeira e terceira avaliações, enquanto que para a abamectina, observaram-se diferenças significativas entre a viabilidade registrada na segunda avaliação em comparação às demais avaliações realizadas (Tabela 3).

As mais elevadas médias de viabilidade de ovos obtidas na primeira avaliação, realizada cinco dias após a exposição de ambos os sexos do bicudo do algodoeiro a folhas contaminadas com diflubenzurom e com diflubenzurom + óleo, podem ter ocorrido devido a demora na penetração do produto no corpo dos insetos, como sugerido por Moore et al. (1978). Esse fenômeno, portanto, permitiria a oviposição de ovos ainda não afetados pelo referido composto e, conseqüentemente, a eclosão de larvas, havendo um possível desenvolvimento normal das mesmas e a emergência de adultos da geração F_1 . Com uma maior penetração do diflubenzurom no corpo de fêmeas e machos de *A. grandis*, o mesmo atuaria de modo a causar maior esterilização desses insetos, reduzindo drasticamente a viabilidade de seus ovos até o final das avaliações, sendo que esse efeito prolongado também foi observado por outros pesquisadores (MOORE e TAFT, 1975; GANYARD et al., 1977).

Diversos outros pesquisadores demonstraram o efeito quimioesterilizante do diflubenzurom sobre o bicudo do algodoeiro (MOORE et al., 1978; WRIGHT et al., 1980a; WRIGHT et al., 1980b; HAYNES et al., 1981; MITCHELL et al., 1983; HAYNES e SMITH, 1989; VILLAVASO et al., 1995), sendo que as porcentagens de viabilidade de ovos provenientes de fêmeas e ou machos tratados com esse pesticida são

bastante variáveis, a depender do sexo exposto ao produto, da dosagem do composto utilizado, do método de exposição ou da utilização conjunta de outro agente quimioesterilizante, como o uso de radiação.

No caso da abamectina e de seus análogos, no entanto, não existem relatos de sua ação quimioesterilizante sobre o bicudo do algodoeiro, havendo vários registros, porém, para outras importantes pragas de diversas culturas (PEREZ, 1983; BARIOLA, 1984; CHACÓN, 1988), bem como sobre inimigos naturais de artrópodes-praga (PEREZ, 1983). Todavia, acredita-se que diante dos resultados

obtidos, a utilização da abamectina no controle do bicudo, sobretudo como quimioesterilizante dessa espécie, surge como uma importante ferramenta para ser incorporada em programas de manejo integrado dessa importante praga da cultura algodoeira, podendo-se utilizá-la de forma alternada com o diflubenzurom. Trata-se, ainda, de alternativa para evitar a seleção de populações de *A. grandis* resistentes, visto que apresenta um peculiar modo de ação, diferente dos demais compostos utilizados no seu controle.

Fêmeas tratadas contaminadas com machos não contaminados e fêmeas não contaminadas acasaladas com machos contaminados

Durante a primeira avaliação não foram verificadas diferenças significativas entre os diversos tratamentos, no que diz respeito ao número médio de ovos depositados por fêmeas de *A. grandis* tratadas e acasaladas com machos não tratados, com médias que variaram de 4,5 ovos para fêmeas expostas aos resíduos de deltametrina a 11,3 ovos para fêmeas do tratamento testemunha. Esse mesmo fenômeno foi observado para fêmeas não tratadas acasaladas com machos tratados, sendo que os valores médios de oviposição para os tratamentos oscilaram entre 3,2 e 9,7 ovos. Em termos absolutos, no entanto, abamectina e deltametrina foram os compostos que proporcionaram as menores médias, enquanto diflubenzurom e diflubenzurom + óleo as mais elevadas (Tabela 4).

Na avaliação seguinte, todos os compostos testados exceto diflubenzurom + óleo reduziram significativamente a capacidade de oviposição de fêmeas do bicudo do algodoeiro tratadas e acasaladas com machos não tratados, sendo que abamectina, deltametrina e diflubenzurom proporcionaram valores médios de 3,3; 5,2 e 6,0 ovos depositados por fêmea, respectivamente. No entanto, apenas abamectina mostrou-se eficiente em afetar negativamente a

capacidade de oviposição de fêmeas não tratadas desse inseto acasaladas com machos tratados, permitindo oviposição média de 2,5 ovos por fêmea durante o mesmo período de avaliação (Tabela 4).

Abamectina foi o único produto que reduziu significativamente a capacidade de oviposição de fêmeas do bicudo do algodoeiro, independente do sexo do inseto exposto aos resíduos desse composto, também quando da terceira avaliação. Quando fêmeas desse inseto foram expostas a resíduos de abamectina presentes em folhas de algodoeiro, porém, acasaladas com machos não tratados, a média de oviposição foi de 5,2 ovos, enquanto que quando machos foram tratados e acasalados com fêmeas não tratadas, essas últimas ovipositaram, em média, 4,7 ovos (Tabela 4).

As reduções causadas pela abamectina sobre a capacidade de oviposição podem ser devido ao seu modo de ação, o qual pode interferir em sua capacidade de locomoção e reprodutiva ou, ainda, à sua ação quimioesterilizante, responsável por inibir parcial ou completamente a oviposição de fêmeas diretamente expostas aos seus resíduos ou que mantiveram contato com machos tratados. No caso de deltametrina e diflubenzurom sugere-se que a redução na capacidade de oviposição experimentada por fêmeas tratadas e acasaladas com machos não tratados durante a segunda avaliação tenha sido casual, visto que durante as demais avaliações esses mesmos produtos não causaram tal efeito sobre essas fêmeas.

Tabela 4. Número (\pm EP) e viabilidade de ovos (%) (\pm EP) provenientes do acasalamento com fêmeas ou machos de *A. grandis* tratados com os inseticidas, em avaliações a cada cinco dias após a exposição (1).

Tratamentos	Número de ovos			
	1ª avaliação		2ª avaliação	
	♀ (2)	♂ (3)	♀ (2)	♂ (3)
Abamectina	4,8 \pm 2,4aA	4,2 \pm 1,5aA	3,3 \pm 1,5aC	2,5 \pm 0,8aB
Deltametrina	4,5 \pm 1,1aA	3,2 \pm 1,3aA	5,2 \pm 1,9aBC	4,7 \pm 1,9aAB
Diflubenzurom	8,3 \pm 1,9aA	8,0 \pm 2,1aA	6,0 \pm 1,5aBC	7,5 \pm 0,4aAB
Diflubenzurom + óleo	5,7 \pm 1,3aA	6,7 \pm 1,6aA	9,0 \pm 0,7aAB	7,7 \pm 1,2aA
Testemunha	11,3 \pm 2,4aA	9,7 \pm 2,9aA	11,3 \pm 1,2aA	9,5 \pm 0,6aA

Tratamentos	Número de ovos			
	3ª avaliação		4ª avaliação	
	♀ (2)	♂ (3)	♀ (2)	♂ (3)
Abamectina	5,2 \pm 2,4aB	4,7 \pm 1,5aB	3,0 \pm 1,4aA	3,0 \pm 1,0aA
Deltametrina	7,5 \pm 2,6aAB	6,8 \pm 2,4aAB	4,2 \pm 1,4aA	2,3 \pm 1,1aA
Diflubenzurom	8,0 \pm 2,6aAB	12,5 \pm 1,0aA	4,3 \pm 1,4aA	7,0 \pm 1,5aA
Diflubenzurom + óleo	10,0 \pm 2,1aAB	6,8 \pm 1,7aAB	5,7 \pm 1,4aA	3,3 \pm 1,5aA
Testemunha	13,7 \pm 1,1aA	13,0 \pm 0,7aA	7,0 \pm 1,0aA	6,5 \pm 1,5aA

Tratamentos	Viabilidade (4)			
	1ª avaliação		2ª avaliação	
	♀ (2)	♂ (3)	♀ (2)	♂ (3)
Abamectina	51,8 \pm 3,9bB	84,8 \pm 4,2aA	71,3 \pm 6,7aB	43,8 \pm 16,3aA
Deltametrina	70,2 \pm 7,6aA	52,5 \pm 15,7aAB	97,9 \pm 1,7aA	95,0 \pm 2,4aA
Diflubenzurom	0,0 \pm 0,0bB	32,7 \pm 7,7aB	4,0 \pm 2,7bC	65,4 \pm 5,3aA
Diflubenzurom + óleo	6,5 \pm 2,5bB	35,5 \pm 8,5aAB	7,4 \pm 4,1bC	57,4 \pm 7,5aA
Testemunha	85,9 \pm 4,1aA	76,9 \pm 5,5aA	94,6 \pm 2,5aA	84,5 \pm 6,7aA

Tratamentos	Viabilidade (4)			
	3ª avaliação		4ª avaliação	
	♀ (2)	♂ (3)	♀ (2)	♂ (3)
Abamectina	97,2 \pm 1,9aA	88,7 \pm 5,7aA	70,8 \pm 5,4bA	100,0 \pm 0,0aA
Deltametrina	95,0 \pm 4,1aA	69,9 \pm 7,0aA	71,9 \pm 10,4aA	66,7 \pm 10,2aB
Diflubenzurom	49,2 \pm 5,9aA	58,8 \pm 12,8aA	51,2 \pm 4,1bA	75,8 \pm 5,8aAB
Diflubenzurom + óleo	42,3 \pm 11,2aA	68,4 \pm 11,5aA	46,6 \pm 11,3aA	64,6 \pm 2,5aB
Testemunha	55,9 \pm 4,4aA	49,4 \pm 5,6aA	59,7 \pm 9,6aA	76,8 \pm 9,8aAB

(1) Médias seguidas pela mesma letra maiúscula na coluna, ou minúscula na linha para cada avaliação, não diferem significativamente entre si pelo teste de Tukey (P>0,05).

(2) Fêmeas tratadas acasaladas com machos não tratados.

(3) Fêmeas não tratadas acasaladas com machos tratados.

(4) Dados transformados para arc sen raiz x/100.

Na quarta avaliação, porém, nenhum dos inseticidas mostrou-se eficiente em afetar negativamente a capacidade de oviposição de fêmeas do bicudo, sendo que, quando essas foram acasaladas com machos não tratados, a média de ovos depositados por fêmea variou de 3,0 a 5,7 ovos, enquanto que quando machos tratados foram acasalados com fêmeas não tratadas, essa média oscilou entre 3,0 e 7,0 ovos (Tabela 4).

Não foram observadas diferenças significativas no número médio de ovos depositados por fêmea de *A. grandis* para os inseticidas avaliados, bem como, para o tratamento testemunha, independente do sexo tratado

e do momento em que a avaliação foi realizada (Tabela 4). Demonstrando que esse parâmetro biológico do bicudo do algodoeiro é pouco afetado por esses compostos, ao menos nas condições em que o bioensaio foi realizado.

Apenas deltametrina não causou redução significativa na viabilidade de ovos de fêmeas de *A. grandis* tratadas e acasaladas com machos não tratados, quando da primeira avaliação, com viabilidade de 70,2%. Os demais inseticidas afetaram significativamente esse parâmetro biológico dessas fêmeas, sendo que abamectina, diflubenzurom e

diflubenzurom + óleo proporcionaram viabilidades de 51,8%; 0,0% e 6,5%, respectivamente.

Porém, quando fêmeas do bicudo do algodoeiro não expostas a resíduos dos compostos foram acasaladas com machos tratados, apenas diflubenzurom afetou negativamente a viabilidade de ovos provenientes dessas fêmeas, com média de 32,7%. Abamectina, deltametrina e diflubenzurom + óleo permitiram médias de viabilidade que variaram de 35,5% a 84,8% (Tabela 4).

Durante a segunda avaliação, novamente deltametrina foi o único inseticida que não afetou negativamente a viabilidade de ovos provenientes de fêmeas tratadas e acasaladas com machos não tratados, com viabilidade média de 97,9%, enquanto diflubenzurom e diflubenzurom + óleo proporcionaram viabilidades de apenas 4,0% e 7,4%, respectivamente. Abamectina, por sua vez, permitiu emergência intermediária entre os demais compostos, com média de 71,3%. No entanto, nenhum dos produtos testados reduziu significativamente essa característica biológica de fêmeas não tratadas acasaladas com machos tratados (Tabela 4).

Nas duas últimas avaliações, nenhum dos compostos avaliados causou reduções significativas na viabilidade de ovos de fêmeas do bicudo do algodoeiro, independente do sexo do inseto exposto aos resíduos desses produtos. No entanto, considerando-se os valores obtidos, diflubenzurom e diflubenzurom + óleo foram os compostos que proporcionaram as menores médias de viabilidade, variando de 42,3% a 75,8%, durante a terceira e quarta avaliações, respectivamente (Tabela 4).

Os resultados obtidos no presente estudo para diflubenzurom, com ou sem adição de óleo, em relação ao efeito desse composto sobre a viabilidade de ovos provenientes de fêmeas tratadas (Tabela 4), confirmam sua ação quimioesterilizante sobre o bicudo do algodoeiro *A. grandis*, o que também tem sido amplamente relatado por diversos autores (MITCHELL et al., 1980; WRIGHT et al., 1980a; WRIGHT et al., 1980b; HAYNES et al., 1981; MITCHELL et al., 1983; HAYNES e SMITH 1989, HAYNES e SMITH 1993; VILLAVASO et al., 1995). No entanto, a esterilização de fêmeas não tratadas com

diflubenzurom e acasaladas com machos tratados também ocorreu, porém de forma menos efetiva. Isso sugere que tenha ocorrido a transferência do produto do macho para a fêmea, tanto por meio do contato físico entre os insetos no momento da cópula quanto por meio da transferência de esperma contaminado, o que também foi constatado por Moore et al. (1978), culminando na esterilização parcial das fêmeas.

Acredita-se, também, que a redução na viabilidade de ovos provenientes de fêmeas não tratadas, causada pelo diflubenzurom, possa ser devido à esterilização, ainda que temporária de machos, ou a efeitos do produto sobre a habilidade de acasalamento e capacidade de transferência de esperma para a fêmea em função de alterações na morfologia do edeago, como sugerido por outros pesquisadores (MOORE et al., 1978; EARLE et al., 1979; EARLE e SIMMONS, 1979; WRIGHT et al., 1980a; WRIGHT et al., 1980b; HAYNES e SMITH, 1994; VILLAVASO et al., 1998).

De modo geral, fêmeas do bicudo do algodoeiro tratadas com diflubenzurom ou diflubenzurom + óleo, e acasaladas com machos não tratados apresentaram médias de viabilidade de ovos mais baixas quando comparadas às médias obtidas de fêmeas não tratadas acasaladas com machos tratados com esses mesmos compostos (Tabela 4). Esses resultados demonstram que o efeito do diflubenzurom sobre a viabilidade de ovos de fêmeas dessa espécie de inseto-praga é mais prejudicial quando estas são diretamente expostas aos resíduos desse produto. No entanto, os resultados também sugerem que uma única exposição de fêmeas de *A. grandis* ao diflubenzurom, causa esterilização, porém temporária e reversível.

Em relação à abamectina, acredita-se que a redução na viabilidade observada apenas para fêmeas tratadas, e somente durante as duas primeiras avaliações possa ser decorrente de um processo temporário de ação do produto sobre o inseto, como também verificado para o diflubenzurom. Sugere-se, ainda, que a transferência do produto de machos para fêmeas, caso ocorra durante a cópula, não seja em quantidade suficiente para causar o mesmo efeito observado com o diflubenzurom.

CONCLUSÕES

- Deltametrina é mais tóxico para machos do que para fêmeas do bicudo do algodoeiro.
- Abamectina afeta negativamente a capacidade de oviposição de fêmeas de *A. grandis*, porém de forma reversível.

- Abamectina, diflubenzurom e diflubenzurom + óleo reduzem significativamente a viabilidade de ovos do bicudo do algodoeiro provenientes de fêmeas tratadas e acasaladas com machos também tratados.
- A ação quimioesterilizante do diflubenzurom sobre fêmeas de *A. grandis* é mais prejudicial quando estas são diretamente expostas à ação residual desse produto.

- Uma única exposição de fêmeas de *A. grandis* a resíduos do diflubenzuron demonstra esterilização, porém de forma reversível.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem ao CNPq pela concessão de bolsa ao primeiro autor.

REFERÊNCIAS

- BARBOSA, S.; LUKEFAHR, M.J.; BRAGA SOBRINHO, R. O Bicudo do algodoeiro. Brasília: EMBRAPA-DDT, 1986. 314p.
- BARIOLA, L.A. Pink bollworms (Lepidoptera: Gelechiidae): effects of low concentrations of selected insecticides on mating and fecundity in the laboratory. **Journal of Economic Entomology**, v.77, n.5, p.1278-1282, 1984.
- CHACÓN, C.E.M. Efeitos de três substâncias quimioesterilizantes sobre a broca da cana-de-açúcar *Diatraea saccharalis* (Fabricius, 1794) (Lepidoptera-Pyralidae). 1988. **Dissertação** (Mestrado em Entomologia) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 104p, 1988.
- EARLE, N.W.; NILAKHE, S.S.; SIMMONS, L.A. Mating, ability of irradiated male boll weevils treated with diflubenzuron or penfluron. **Journal of Economic Entomology**, v.72, n.3, p.334-336, 1979.
- EARLE, N.W.; SIMMONS, L.A. Boll weevil: ability to fly affected by acetone, irradiation, and diflubenzuron. **Journal of Economic Entomology**, v.72, n.4, p.573-575, 1979.
- FAO. FAOSTAT. 2010. Disponível em: <<http://faostat.fao.org/site/339/default.aspx>>. Acesso em: 1 out. 2010.
- FONTES, E.M.G., RAMALHO, F.S., UNDERWOOD, E., BARROSO, P.A.V., SIMON, E.R., PIRES, C.S.S., BELTRÃO, N., LUCENA, W.A., FREIRE, E.C., 2006. The cotton agricultural context in Brazil. In: HILBECK, A., ANDOW, D.A., FONTES, E.M.G. (Eds.), *Environmental Risk Assessment of Genetically Modified Organisms*. CABI Publishing, pp. 21–66.
- GANYARD, M.C.; BRADLEY JUNIOR, J.R.; BOYD, F.J.; BRAZZEL, J.R. Field evaluation of diflubenzuron (Dimilin) for control of boll weevil reproduction. **Journal of Economic Entomology**, v.70, n.3, p.347-350, 1977.
- HAYNES, J.W.; McGOVERN, W.L.; WRIGHT, J.E. Diflubenzuron (solvent-water suspension) dip for boll weevils: effects measured by flight, sterility, and sperm transfer. **Environmental Entomology**, v.10, n.4, p.492-495, 1981.
- HAYNES, J.W.; SMITH, J.W. Diflubenzuron plus cottonseed oil: effects on boll weevil (Coleoptera: Curculionidae) cuticle hardness, mating and flight. **Journal of Economic Entomology**, v.87, n.2, p.339-344, 1994.
- HAYNES, J.W.; SMITH, J.W. Evaluation of a new method for sterilizing boll weevils (Coleoptera: Curculionidae) by dipping in a diflubenzuron suspension followed by irradiation. **Journal of Economic Entomology**, v.82, n.1, p.64-68, 1989.
- HAYNES, J.W.; SMITH, J.W. Test of a new insect growth regulator for boll weevils (Coleoptera: Curculionidae) by dipping and feeding. **Journal of Economic Entomology**, v.86, n.2, p.310-313, 1993.
- HENRIQUE, F. H. Comportamento morfológico e agrônomo de genótipos de algodoeiro no município de Uberaba-MG. (Trabalho de Conclusão de Curso de Agronomia). FAZU, 2009. 33 p.
- MITCHELL, E.B.; MERKL, M.E.; DAVICH, T.B.; BROWN, M.A. Field performance of boll weevils (Coleoptera: Curculionidae) sterilized with diflubenzuron and gamma irradiation. **Journal of Economic Entomology**, v.76, n.2, p.294-297, 1983.
- MITCHELL, E.B.; MERKL, M.E.; WRIGHT, J.E.; DAVICH, T.B.; HEISER, R.F. Sterility of boll weevils in the field following treatment with diflubenzuron and gamma irradiation. **Journal of Economic Entomology**, v.73, n.6, p.824-826, 1980.
- MOORE, R.F.; LEOPOLD, R.A.; TAFT, H.M. Boll weevils: mechanism of transfer of diflubenzuron from male to female. **Journal of Economic Entomology**, v.71, n.4, p.587-590, 1978.
- MOORE, R.F.; TAFT, H.M. Boll weevils: chemosterilization of both sexes with Busulfan plus Tompson-Hayward TH-6040. **Journal of Economic Entomology**, v.68, p.96-98, 1975.

NAKANO, O. Recomendações e experiência de controle do bicudo na região de Campinas, SP. *In*: DEGRANDE, P.E. Bicudo do algodoeiro: manejo integrado. Dourados: UFMS/EMBRAPA-UEPAE, p.59-66, 1991.

PEARSON, E.S.; HARTLEY, H.O. Biometrika tables for statisticians. Cambridge: University Press, 270p, 1970.

PEREZ, C.A. Efeito de produtos químicos esterilizantes sobre *Ceratitis capitata* (Wiedemann, 1824) (Diptera: Tephritidae), seus simbiosites e o predador *Chrysoperla externa* (Hagen, 1861) (Neuroptera: Chrysopidae). 1983. **Dissertação** (Mestrado em Entomologia) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo. Piracicaba, 149p, 1983.

VILLAVASO, E.J.; HAYNES, J.W.; McGOVERN, W.L.; JONES, R.C.; SMITH, J.W. Diflubenzuron effects on boll weevils (Coleoptera: Curculionidae) in small field cages. **Journal of Economic Entomology**, v.88, n.6, p.1631-1633, 1995.

VILLAVASO, E.J.; McGOVERN, W.L.; WAGNER, T.L.; WILLERS, J.L. Components of competitiveness in sterile male boll weevils (Coleoptera: Curculionidae). **Journal of Economic Entomology**, v.91, n.3, p.631-636, 1998.

WRIGHT, J.E.; MOORE, R.; McCOY, J.; WIYGUL, G.; HAYNES, J. Comparison of three sterilization procedures on the quality of the male boll weevil. **Journal of Economic Entomology**, v.73, n.4, p.493-496, 1980a.

WRIGHT, J.E.; ROBERSON, J.; DAWSON, J.R. Boll weevil: effects of diflubenzuron on sperm transfer, mortality, and sterility. **Journal of Economic Entomology**, v.73, n.6, p.803-805, 1980b.

Recebido em 20/02/2011

Aceito em 10/06/2011