

MATEUS RIBEIRO DE CAMPOS

**SELETIVIDADE E RESPOSTA COMPORTAMENTAL DO
PREDADOR *Doru luteipes* A INSETICIDAS**

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Viçosa, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Entomologia, para obtenção do título de *Magister Scientiae*.

VIÇOSA
MINAS GERAIS - BRASIL
2009

MATEUS RIBEIRO DE CAMPOS

**SELETIVIDADE E RESPOSTA COMPORTAMENTAL DO
PREDADOR *Doru luteipes* A INSETICIDAS**

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Viçosa, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Entomologia, para obtenção do título de *Magister Scientiae*.

APROVADA: 28 de Julho de 2009

**Prof. Marcelo Coutinho Picanço
(Co-orientador)**

Prof^a. Terezinha M. C. Della Lucia

Prof. Marcos Antônio Matielo Fadini

Prof. Márcio Araújo da Silva

**Prof. Raul Narciso Carvalho Guedes
(Orientador)**

A meus pais, Benedito e Célia, meus exemplos;
À Laura Maria, minha esposa;
Às minhas irmãs Hellen e Elizabeth;
Aos meus sobrinhos Maria Isabel e João Lucas
Às minhas avós Lúzia e Dorvina;
Aos meus amigos, primos e tios, meus companheiros;
Dedico.

AGRADECIMENTOS

A Deus por me conceder saúde e paciência para trilhar o caminho da sabedoria.

À Universidade Federal de Viçosa, ao Programa de Pós-Graduação em Entomologia, à CAPES pela concessão da bolsa e a todo povo brasileiro que contribuíram diretamente e indiretamente na minha formação, na oportunidade de aprofundamento científico e na conclusão deste trabalho.

Ao Professor Raul Narciso Carvalho Guedes, pela confiança depositada e pela orientação amigável e enriquecedora, Obrigado!

Aos conselheiros: Professora Terezinha Della Lucia, Professor Marcos Antônio Matiello Fadini, Professor Márcio Araújo da Silva, Professor Leandro Bacci e, principalmente, ao Professor Marcelo Coutinho Picanço, pela imprescindível ajuda, paciência e conselhos durante o mestrado;

Aos amigos do laboratório de Manejo Integrado de Pragas e Ecotoxicologia: Aelton, Alberto, Amélia, Daniela, Darlan, Darley, Maria Elisa, Elisangela Moraes, Érick, Fernanda, Flávio, Hudson, Jander, Jardel, Jorgiane, Mateus Chediak, Mayara Lopes, Nelsa, Nilson, Pablo, Paulo, Rayane, Renan, Renata, Ricardo, Rodrigo, Rogério, Rômulo, Sabrina, Shaiene, Silvério, Silvio, Suelen, Tarcísio, Vânia, Verônica pela convivência maravilhosa e enriquecedora, e principalmente ao Adriano, Emerson, Ézio, Gerson e Júlio pela grande e essencial ajuda nos ensaios realizados na confecção deste trabalho;

Aos professores do Programa de Pós-graduação em Entomologia, cuja orientação nas disciplinas me possibilitou a abertura de novos conhecimentos e horizontes científicos.

A todos os meus amigos (essa grande família, importantíssimos nesta jornada), ao Leonardo “B-1”, aos amigos da Agronomia e da Entomologia, pela convivência, brincadeiras e estudos;

As secretárias da Entomologia Dona Paula e Miriam, pela competência e dedicação ao trabalho;

Ao senhor José Evaristo pelo companheirismo;

A toda minha família, primos, tios e minhas avós Luzia e Dorvina;

Às minhas irmãs Hellen e Elizabeth, e meus cunhados, pelo apoio durante os anos de Viçosa;

À minha esposa Laura Maria pelo amor, carinho, paciência e força durante esses anos de convivência. À minha sogra Rachel, ao meu sogro Sr. Lobato, ao meu cunhado Lucas e sua esposa Emiliane pela confiança depositada;

Aos meus sobrinhos Maria Isabel e João Lucas pelo inigualável amor e alegria que sempre me proporcionaram;

E agradeço principalmente aos meus pais Benedito e Célia que sempre acreditaram que o estudo é a maior herança que poderiam deixar aos seus filhos, algo que pode ser desfrutado por toda a vida.

BIOGRAFIA

Mateus Ribeiro de Campos, filho de Benedito Ribeiro de Campos e Célia Ribeiro de Campos, nascido no dia 25 de maio de 1981, no município de Itajubá, em Minas Gerais, Brasil.

Em maio de 2002 ingressou na Universidade Federal de Viçosa - UFV, iniciando o curso de Agronomia. Realizou estágio no DBA/UFV no laboratório de Manejo integrado de Pragas sob orientação do Professor Marcelo Coutinho Picanço, desenvolvendo diversos trabalhos de Manejo Integrado de Pragas de hortaliças, fruteiras, grandes culturas e plantas ornamentais. Foi bolsista de iniciação científica pela FAPEMIG durante o período de dois anos (2004 a 2007) e pela CNPq no período de seis meses. Atuou como monitor voluntário da disciplina Entomologia Agrícola (BAN 360) no período de um ano, graduando-se Engenheiro Agrônomo em julho de 2007.

Em agosto de 2007 iniciou o curso de mestrado pelo Programa de Pós-Graduação em Entomologia da Universidade Federal de Viçosa, no laboratório de Ecotoxicologia sob a orientação do Professor Raul Narciso Carvalho Guedes, submetendo-se à defesa no dia 28 de julho de 2009, já sendo aprovado para o doutorado em Entomologia na Universidade Federal Rural de Pernambuco - UFRPE.

ÍNDICE

	Página
RESUMO.....	vii
ABSTRACT.....	ix
1. Introdução.....	01
2. Material e Métodos.....	05
2.1 Criação de <i>Spodoptera frugiperda</i>	05
2.2 Criação de <i>Doru luteipes</i>	05
2.3 Inseticidas.....	06
2.4 Bioensaios.....	06
2.4.1 Curvas concentração-mortalidade.....	06
2.4.2 Curvas tempo-mortalidade.....	07
2.5 Bioensaios comportamentais.....	08
2.5.1 Arena totalmente tratada com inseticida.....	08
2.5.2 Arena parcialmente tratada com inseticida.....	09
3. Resultados.....	12
3.1 Toxicidade de inseticidas a <i>Spodoptera frugiperda</i>	12
3.2 Toxicidade de inseticidas a <i>Doru luteipes</i>	12
3.3 Seletividade de inseticidas a <i>Doru luteipes</i>	13
3.4 Comportamento de movimentação de <i>Doru luteipes</i>	18
3.4.1 Arena totalmente tratada com inseticida.....	18
3.4.2 Arena parcialmente tratada com inseticida.....	18
4. Discussão.....	23
5. Conclusões.....	27
6. Literatura Citada.....	28

RESUMO

CAMPOS, Mateus Ribeiro, M.Sc., Universidade Federal de Viçosa, julho de 2009. **Seletividade e resposta comportamental do predador *Doru luteipes* a inseticidas.** Orientador: Raul Narciso Carvalho Guedes. Co-orientadores: Marcelo Coutinho Picanço e Leandro Bacci.

Spodoptera frugiperda (Smith) (Lepidoptera: Noctuidae) é considerada a principal praga do milho no Brasil. O seu controle é realizado principalmente por inseticidas. Devido ao alto custo dos inseticidas e ao seu efeito poluidor no meio ambiente, a utilização do controle biológico pode vir a ser mais uma ferramenta de manejo junto ao controle químico. Dentre os inimigos naturais, a tesourinha, *D. luteipes* (Scudder) (Dermaptera: Forficulidae), tem-se apresentado como potencial agente de controle biológico da *S. frugiperda*. Quanto a esse agente biológico pouco se sabe sobre seletividade dos inseticidas químicos utilizados na cultura do milho. Dessa forma, neste trabalho foi avaliada a seletividade dos inseticidas para *D. luteipes* e o efeito em seu comportamento de movimentação quando exposto aos inseticidas metomil, clorfenapir, etofemproxi, clorpirifós, deltametrina, λ -cialotrina, espinosade e clorantraniliprole. A *S. frugiperda* e a *D. luteipes* foram submetidas a bioensaios de concentração-mortalidade e tempo mortalidade para determinar a CL_{50} e TL_{50} , respectivamente. Os adultos de *D. luteipes* foram submetidos a dois ensaios de movimentação em superfície com arena totalmente tratada e arena parcialmente tratada com resíduo seco de inseticida, para observar os efeitos dos inseticidas em seu comportamento. Nos resultados dos bioensaios o espinosade foi o inseticida mais tóxico para *S. frugiperda*. Nos bioensaios com adultos de *D. luteipes* verificou-se que o clorantraniliprole foi o menos tóxico e o mais seletivo; e o inseticida clorpirifós apresentou maior toxicidade e menor

seletividade. Nos bioensaios de tempo mortalidade com a *S. frugiperda* os inseticidas etofemproxi, clorpirifós, λ -cialotrina e metomil apresentaram maiores razões entre os tempos letais. No bioensaio de tempo mortalidade para adultos de *D. luteipes* observou-se que os inseticidas clorpirifós e λ -cialotrina apresentaram menor tempo letal. Nos bioensaios de comportamento em arena totalmente tratada para os adultos de *D. luteipes*, estes apresentaram redução na distância caminhada e na velocidade média nos tratamentos em que foram expostos ao inseticida espinosade. Os inseticidas metomil e clorantraniliprole não apresentaram efeito sobre o comportamento de movimentação do predador. Nos bioensaios de comportamento em arena parcialmente tratada observou-se que os inseticidas deltametrina, espinosade e λ -cialotrina mostraram efeito de atratividade aos adultos de *D. luteipes*. Já o clorpirifós, clorfenapir e etofemproxi mostraram efeito de repelência aos adultos de *D. luteipes*. Desse modo, pode-se concluir que avaliações dos efeitos dos inseticidas no comportamento dos inimigos naturais é uma importante ferramenta para obter informações sobre a seletividade e toxicidade destes inseticidas. Desta forma, o inseticida clorantraniliprole foi altamente seletivo para *D. luteipes*. Além disso, não foi observado efeito de irritabilidade ou preferência nos bioensaios comportamentais. Assim, este inseticida pode vir a ser utilizado junto ao programa de manejo integrado para o controle de *S. frugiperda* na cultura de milho.

ABSTRACT

CAMPOS, Mateus Ribeiro, M.Sc., Universidade Federal de Viçosa, July, 2009.
Selectivity and behavioral response of the predator *Doru luteipes* to insecticides. Advisor: Raul Narciso Carvalho Guedes. Co- Advisors: Marcelo Coutinho Picanço and Leandro Bacci.

Spodoptera frugiperda (Smith) (Lepidoptera: Noctuidae) is a major pest of corn in Brazil. Its control is mainly performed by insecticides. Due to the high cost of insecticides and its polluter effect on the environment, the use of biological control might be more a management tool with the chemical control. Among the natural enemies, the earwigs, *D. luteipes* (Scudder) (Dermaptera: Forficulidae), has been presented as potential biological control agent of *S. frugiperda*. As a biological agent little is known about selectivity of chemical insecticides used in corn. Thus, this study evaluated the selectivity of insecticides to *D. luteipes* and the effect on their behavior when exposed to insecticides methomyl, chlorfenapyr, etofenprox, chlorpyrifos, deltamethrin, λ -cyhalothrin, spinosad and chlorantraniliprole. *S. frugiperda* and *D. luteipes* were submitted to the bioassays of concentration-mortality to determine the LC₅₀ and LT₅₀, respectively. Adults of *D. luteipes* underwent two bioassays with surface arena fully treated and arena partially treated with insecticide, to observe the effects of pesticides on their behavior. In the results of the concentration-mortality bioassays showed that the insecticide spinosad was more toxic to *S. frugiperda*. In the bioassays with adults of *D. luteipes* showed that the chlorantraniliprole was less toxic and more selective for adults of *D. luteipes*, and the insecticide chlorpyrifos showed higher toxicity and lower selectivity. In the mortality time bioassays for *S. frugiperda* with insecticides etofenprox, chlorpyrifos, λ -cyhalothrin and methomyl, these insecticides had higher value

for times-lethal. Bioassay of time mortality for adults of *D. luteipes* observed that the insecticides chlorpyrifos and λ -cyhalothrin showed less lethal time. In behavioral bioassays in arena fully treated for the adults of *D. luteipes*, they showed a reduction in walking distance and average speed in the treatments, when exposed to the insecticide spinosad. The methomyl and chlorantraniliprole insecticides hadn't effect on the behavior of the predator movement. In the behavioral bioassays in arena partially treated showed that deltamethrin, spinosad and λ -cyhalothrin had effect of attractiveness to adults of *D. luteipes*. Already chlorpyrifos, chlorfenapyr and etofenprox showed effect repellency to adults of *D. luteipes*. Thus, one can conclude that assessments of the effects of insecticides on the behavior of natural enemies are important tool to obtain information about the selectivity and toxicity of these insecticides. Thus, the insecticide chlorantraniliprole was highly selective for *D. luteipes*. Moreover, no effect of irritability or preference in behavioral bioassays was observed. Thus, this insecticide could be used on the integrated management program for control of *S. frugiperda* in corn.

1. Introdução

O uso de produtos seletivos é uma forma de reduzir o impacto dos inseticidas sobre os agentes de controle biológico. A seletividade de inseticidas em favor dos inimigos naturais pode ser obtida de duas formas: fisiológica ou ecologicamente (Ripper et al., 1951; O'Brien, 1960; Bacci et al., 2006, 2009).

A seletividade ecológica se baseia na menor exposição dos inimigos naturais aos inseticidas utilizados no controle das pragas. O que se deve adotar como tecnologia de aplicação de inseticidas a fim de minimizar a influência sobre os agentes de controle biológico seria a realização da aplicação no momento certo, de forma certa e no local certo, reduzindo assim as chances de efeitos prejudiciais sobre os agentes de controle biológico (Ripper et al., 1951).

A seletividade fisiológica consiste na aplicação de produtos menos tóxicos aos inimigos naturais do que às pragas, já que os inimigos naturais possuem alguns mecanismos que podem minimizar os efeitos potencialmente tóxicos de inseticidas. Outra forma de seletividade fisiológica se dá através do comportamento. Os insetos são capazes de aprendizagem e desta forma podem evitar o contato com substâncias tóxicas a eles, como inseticidas e mais particularmente inseticidas (O'Brien, 1960).

A seletividade de inseticidas a inimigos naturais deve ser avaliada identificando-se quais são os produtos com menor atividade sobre estes organismos não-alvos (Youn et al., 2003). Constituem-se assim de métodos laboratoriais para estimar os efeitos destes inseticidas sobre os inimigos naturais. Deste modo, o primeiro passo seria a estimativa das concentrações letais médias (CL_{50}) e os tempos letais médios (TL_{50}) dos compostos de interesse. Estas são medidas de concentração ou tempo necessários para causar 50% de mortalidade na população de organismos sob estudo.

Tais estimativas permitem comparar a toxicidade e seletividade entre diferentes compostos para espécies diferentes, calculando-se o índice de toxicidade relativa (ITR), a razão de seletividade (RS ou índice de seletividade diferencial ISD), e a razão entre os tempos letais (RTL). Estes índices são determinados pela razão da CL_{50} e TL_{50} do inseto praga e do inimigo natural (Croft, 1990). Entretanto, as estimativas dos índices baseada nos valores da CL_{50} ainda não foram realizadas devido à falta de atenção aos efeitos secundários dos inseticidas sobre os organismos não-alvos (Desneux et al., 2007), como os efeitos dos inseticidas no comportamento de movimentação dos inimigos naturais.

Dentre as ações dos inseticidas usualmente prioriza-se os efeitos de caráter fisiológico e bioquímico, dando-se pouca atenção às respostas comportamentais do organismo em razão da exposição ao pesticida (Guedes et al., 2009). Portanto, o segundo passo seria realizar avaliações no comportamento deste inimigo natural quando exposto a inseticidas. De forma geral, o efeito dos inseticidas sobre o comportamento está agrupado em efeitos sobre a mobilidade, orientação, alimentação, oviposição e aprendizagem (Desneux et al., 2007).

O comportamento de movimentação de inimigos naturais tem sido pouco estudado. Isso porque, as avaliações do comportamento destes inimigos naturais não são acompanhadas por dados quantitativos e métodos estatísticos. No entanto, sabe-se que inseticidas podem causar várias alterações comportamentais de inimigos naturais (Wiles et al., 1994; Longley et al., 1996; Desneux et al., 2007).

Repelência e irritabilidade são terminologias vagas para descrever o comportamento destes insetos quando ficam expostos a inseticidas. Entretanto, é impossível descartar a possibilidade de ocorrerem efeitos neurotóxicos (Haynes, 1988). Assim, é fundamental entender a atividade neurotóxica sobre o organismo do inseto, porque ela pode ajudar a explicar os efeitos das concentrações subletais no comportamento dos insetos (Haynes, 1988; Desneux et al., 2007).

Os inseticidas são divididos em grupos pelo seu modo de ação no organismo. Cada grupo de pesticida age em um determinado local no organismo do inseto.

Os piretróides foram representados pela deltametrina e λ -cialotrina. Os piretróides interagem com os canais de sódio distribuídos ao longo do axônio, prolongando ou impedindo o fechamento destes canais, permitindo um fluxo excessivo de íons Na^+ para o interior da célula nervosa (Soderlund e

Bloomquist, 1989). Já o etofemproxi é classificado como pseudo piretróide (Yaméogo et al., 2001). O modo de ação deste inseticida se assemelha ao dos piretróides (EPA, 2008).

O grupo dos organofosforados é exemplificado pelo inseticida clorpirifós, enquanto o carbamatos é exemplificado pelo inseticida metomil. Estes inseticidas ligam-se à enzima acetilconesterase, inibindo sua atividade (Komezá et al., 2001; Decombel et. al., 2004). Assim, ocorre o acúmulo de acetilcolina na fenda sináptica causando hiper-excitabilidade do sistema nervoso central (Oliver et al., 2001). Em geral, os inseticidas organofosforados são considerados extremamente tóxicos para artrópodes (Cabrera et al., 2004).

O grupo dos inibidores do metabolismo respiratório é representado pelo inseticida clorfenapir, da classe dos cianopirroles, que inibe a síntese de ATP por meio de desacoplamento da fosforilação oxidativa da cadeia de transporte de elétrons. É um pró-inseticida, cuja atividade depende da sua ativação por monoxigenases. Os sintomas são morte celular e, em última instância, morte do inseto (Treacy et al., 1994; Rust e Saran, 2006).

Outro grupo de inseticida é formado por moduladores de receptores da acetilcolina, cujo exemplo é o espinosade. Este composto consiste da mistura de Spinosinas A e D, que são compostos tetracíclico-macrolídeo produzidos por um actinomiceto de solo (*Saccharopolyspora spinosa*) (Sparks et al., 1998). O inseticida espinosade liga-se ao receptor nicotínico da acetilcolina provocando mudança na conformação do receptor, causando a abertura de canais iônicos e a condução do estímulo nervoso. Os sintomas são a hiper-excitabilidade do sistema nervoso (Salgado, 1998; Cisneros et al., 2002).

Finalmente, tem-se o grupo das diaminas, derivado dos alcalóides da rianodinas, que também apresenta potencial de uso contra a lagarta-do-cartucho do milho (Lahm et al., 2009). Um exemplo é o inseticida clorantraniliprole, que ativa os receptores da rianodina via liberação de cálcio no retículo sarcoplasmático de células musculares, regulando, assim, a liberação de cálcio intracelular, e afetando a contração muscular nos insetos (Sattelle et al., 2008).

Apesar da importância da seletividade na preservação do controle biológico natural de pragas, pouco se sabe sobre a seletividade dos principais grupos de inseticidas com potencial de uso no manejo de pragas do milho.

Um das pragas agrícolas mais importantes na região neotropical é a lagarta-do-cartucho *S. frugiperda* (Smith) (Lepidoptera: Noctuidae). No Brasil, esta espécie causa perdas em várias culturas, como a cana de açúcar, algodão e sorgo (Williams et al., 2004; Martinelli et al., 2006). Trata-se de uma das

principais pragas da cultura do milho, e seu dano pode reduzir a produção em até 34%, dependendo do estágio de desenvolvimento da planta (Cruz et al., 1999). O controle químico com aplicação de organofosforados, carbamatos e piretróides é feito para o controle desta praga (Andrews, 1988). Entretanto, a aplicação de inseticidas de largo espectro de ação pode significar reduções na abundância de inimigos naturais (Croft, 1990). Inimigos naturais são de grande importância no controle de *S. frugiperda* e outras pragas (Chapman et al., 2000; Armenta et al., 2004).

Dentre os inimigos naturais, destaca-se a tesourinha *D. luteipes* (Scudder), espécie que tem mostrado grande potencial como agente de controle biológico (Fenoglio e Trumper, 2007) e importância na supressão de pragas na cultura do milho (Cruz, 2007). A predação dos ovos e lagartas por *D. luteipes* reduz a população de *S. frugiperda* significativamente no campo (Reis et al., 1988; Cruz et al., 1995), tendo sido observado que a densidade de um casal de *D. luteipes* por planta foi suficiente para o controle de *S. frugiperda* (Cruz, 2007).

A atividade de inimigos naturais no controle biológico diminui a necessidade da intervenção humana no controle de pragas nos cultivos de plantas. Porém, a utilização de um pesticida em um sistema agrícola visando ao mesmo tempo o controle de pragas e a preservação de inimigos naturais é difícil de ser realizada.

Muitas vezes o agricultor tem que lançar mão do uso de inseticidas para complementar a ação de agentes de controle biológico. Portanto, é necessário o conhecimento dos impactos dos inseticidas através da avaliação da sua exposição aos inimigos naturais para determinar com precisão a seletividade (Banken e Stark, 1998). Assim, o objetivo desta pesquisa foi avaliar a seletividade e resposta comportamental do predador *D. luteipes* a inseticidas.

2. Material e Métodos

2.1 Criação de *S. frugiperda*

Para realização dos bioensaios foi estabelecida uma criação de *S. frugiperda* em laboratório a partir de pupas cedidas pela EMBRAPA Milho e Sorgo (Sete lagoas, Minas Gerais). Estas pupas foram sexadas, separadas em placa de Petri de 14 cm de diâmetro e 2 cm de altura, contendo em seu interior uma camada de 0,3 cm de vermiculita. Posteriormente, foram colocadas em gaiolas de madeira (50 x 50 x 50 cm) até a emergência de adultos.

Após a emergência, os adultos foram transferidos para gaiolas construídas com PVC de 25 cm de diâmetro e 35 cm de altura, recobertas com papel pardo, para oviposição das fêmeas. Dois dias após a transferência dos adultos, o papel pardo contendo as posturas foi retirado da gaiola. Este papel foi recortado de forma a separar as massas de ovos e, em seguida, as massas de ovos foram colocadas em potes plásticos de 50 mL com tampas de acrílico, contendo dieta artificial. Esta dieta era composta por 59,3 g de germe de trigo, 38 g de levedura de cerveja, 3,82 g de ácido ascórbico, 1,23 g de ácido sórbico, 1,3 mL de ácido propiônico, 0,131 mL de ácido fosfórico, 2,36 g de nipagin, 123,6 g de feijão, 15,35 g de ágar e 3,1 g de formol (Valicente et al., 1999). A temperatura durante a criação foi de $26 \pm 2^\circ\text{C}$, umidade relativa de $70 \pm 10\%$, e fotofase de 12 horas.

2.2 Criação de *D. luteipes*

Adultos *D. luteipes* foram coletados em plantas de milho na região de Viçosa, Minas Gerais. Os adultos utilizados foram mantidos em bacias plásticas de 35 cm de diâmetro e 14 cm de altura para criação. As bacias foram

tampadas com organza e suas paredes foram impregnadas com teflon (PTFE - politetrafluoretileno) (DuPont, Brasil), para evitar o escape dos insetos. Estes, foram mantidos à temperatura de $26 \pm 2^\circ\text{C}$ e umidade relativa de $75 \pm 5\%$, com fotofase de 12 horas; e foram alimentados com pólen, farinha de inseto (pupas e adultos mortos de broca pequena do tomateiro) e ração animal (ração para cães). Como fonte de água colocou-se algodão umedecido em duas placas de petri plásticas de 9 cm de diâmetro e 2 cm de altura (Pasini et al., 2007).

2.3 Inseticidas

Os inseticidas λ -cialotrina, deltametrina, metomil, clorpirifós, clorfenapir, espinosade e etofemproxi, utilizados nos bioensaios, foram obtidos comercialmente e estão registrados no Ministério da Agricultura para o controle da *S. frugiperda* na cultura do milho no Brasil (MAPA, 2008). Já o clorrantraniliprole, também utilizados nos bioensaios, está em processo de certificação. Todos os inseticidas estão listados na Tabela 1.

2.4 Bioensaios

2.4.1 Curvas concentração-mortalidade

O delineamento experimental utilizado foi inteiramente casualizado com cinco repetições. A parcela experimental foi constituída de pote plástico transparente de 250 mL contendo pedaços de folha de milho. Em cada pote de plástico foram expostas dez lagartas de segundo ínstar de *S. frugiperda* ou dez adultos de *D. luteipes*. Inicialmente, foram feitos testes preliminares com cada inseticida (Tabela 1). Nos testes preliminares buscou-se reconhecer a faixa de concentração que causasse mortalidade superior a zero e inferior a 100% para os testes definitivos.

Para instalação do experimento foram coletadas folhas de plantas de milho em fase reprodutiva. As folhas foram cortadas em pedaços de 30 cm de comprimento de forma a ocupar a área interna do pote, permitindo ao inseto contato constante com a folha. Em seguida, as folhas de milho foram imersas em calda inseticida por cinco segundos.

Em todos os tratamentos foi adicionado espalhante adesivo alquil fenol etoxilado, na concentração de 5 μL do ingrediente ativo/mL de calda. Após a imersão, as folhas foram secas à sombra por uma hora. Posteriormente, na

base da folha foi colocado algodão umedecido com água e recoberto com papel alumínio para evitar a perda da umidade do algodão.

As folhas foram subseqüentemente acondicionadas em potes plásticos transparentes de 250 mL de capacidade (9 cm de diâmetro e 5,5 cm de altura) com furos na tampa. Em cada pote foram liberadas dez lagartas de segundo instar de *S. frugiperda* e dez adultos de *D. luteipes*. Os potes foram mantidos sob temperatura de $26 \pm 2^\circ\text{C}$, umidade relativa de $75 \pm 5\%$, e com fotofase de 12 horas. As avaliações do número de insetos mortos foram feitas quarenta e oito horas após a montagem do experimento. Foram considerados como mortos os insetos que não eram capazes de se movimentar após toque com pincel. Os resultados foram corrigidos pela mortalidade ocorrida na testemunha, usando-se a fórmula de Abbott (1925).

As curvas concentração-mortalidade são necessárias para determinar as CL_{50} de *S. frugiperda* e de *D. luteipes* para efeito de comparação entre os insetos utilizados nos bioensaios. Posteriormente, foram calculados os índices de toxicidade e seletividade. O índice de seletividade diferencial é calculado da seguinte forma: $ISD_{50} = CL_{50}$ do inseticida para o predador/ CL_{50} do inseticida para a praga. Já o cálculo do índice de toxicidade relativa é calculado da seguinte forma: $ITR_{50} = \text{maior } CL_{50} \text{ para o inseto} / CL_{50} \text{ do inseticida para o inseto}$.

Os índices de toxicidade relativa e seletividade diferencial foram calculados para a *S. frugiperda* e para a *D. luteipes* para efeito de comparação da potência e da toxicidade, respectivamente. (Alves et al., 1992; Batalha et al., 1995; Moura et al., 2000; Bacci et al., 2001).

Os resultados de mortalidade foram submetidos à análise de próbite, utilizando o procedimento PROC PROBIT do programa System of Statistical Analyses - SAS (SAS Institute, 2000), que gerou as curvas de concentração-mortalidade.

2.4.2 Curvas tempo-mortalidade

O delineamento experimental utilizado foi inteiramente casualizado com seis repetições. Para determinação do tempo letal foram feitos testes preliminares.

A instalação do experimento foi a mesma utilizada para concentração-mortalidade. As concentrações utilizadas foram preparadas de forma

semelhante à concentração utilizada no campo para o controle de *S. frugiperda* (Tabela 1). Portanto, para *S. frugiperda* todos os oito inseticidas utilizados possibilitaram a determinação do tempo letal. Já para *D. luteipes*, apenas quatro inseticidas, o clorfenapir, espinosade, λ -cialotrina e clorpirifós, possibilitaram a determinação do tempo letal. Assim, mediante os TL_{50} foi possível calcular a razão entre os tempos letais ($RTL_{50} = \text{menor } TL_{50} \text{ para o inseto} / TL_{50} \text{ do inseticida para o inseto}$).

A curva tempo-mortalidade é necessária para avaliar o efeito dos inseticidas nos insetos ao longo do tempo, tendo as avaliações do tempo letal nos insetos posteriormente sido utilizadas nos testes comportamentais.

Os resultados de mortalidade foram submetidos à análise de próbite, utilizando o procedimento PROC PROBIT do programa System of Statistical Analyses - SAS (SAS Institute, 2000), gerando as curvas de tempo-mortalidade.

2.5 Bioensaios comportamentais

2.5.1 Arena totalmente tratada com inseticida

Os bioensaios comportamentais de movimentação foram realizados para adultos de *D. luteipes* em arenas totalmente tratadas com resíduo seco de inseticidas. As arenas foram confeccionadas em placas de Petri de 9 centímetros de diâmetro e 2 centímetros de altura. O fundo da placa de petri foi recoberto com disco de papel-filtro e suas paredes revestidas com teflon e talco comercial (Johnson Talco, Brasil) para evitar o escape dos insetos. O disco de papel-filtro foi tratado com 1 mL da solução inseticida, segundo a metodologia de Watson (1997). A solução de inseticida foi estabelecida utilizando-se a concentração do ingrediente ativo de cada produto que é recomendada para o controle da *S. frugiperda* na cultura do milho (Tabela 1).

Esta concentração de inseticida utilizada não é letal para *D. luteipes*, como observado nos bioensaios de concentração-mortalidade. Os insetos foram expostos aos inseticidas por um período de 10 minutos, como determinado em avaliações preliminares. O controle foi tratado apenas com 1 mL de água. Os discos foram tratados e deixados em capela de exaustão para secagem por um período de 20 a 30 minutos.

As características avaliadas foram: distância caminhada, tempo de repouso, velocidade média de movimentação e número de paradas dos insetos

na arena. Os adultos de *D. luteipes* foram mantidos em arenas não tratadas por um período de 24 horas para aclimação do inseto à arena. Posteriormente, os insetos foram colocados nas arenas tratadas. As arenas foram levadas a um sistema de rastreamento formado por uma câmera de vídeo acoplada a um computador (ViewPoint Life Sciences Inc., Montreal – Canadá) para avaliação dos parâmetros comportamentais por um período de 10 minutos. O experimento foi montado em delineado inteiramente casualizado ao acaso com 16 repetições. Cada repetição constituiu-se de um único inseto.

Para testar as diferenças entre os tratamentos correspondentes à área tratada foi utilizado o procedimento PROC GLM com MANOVA do programa System of Statistical Analyses - SAS (SAS Institute, 2000). Para testar as diferenças entre os tratamentos correspondentes foi utilizado o teste Tukey HSD ($p < 0,05$).

2.5.2 Arena parcialmente tratada com inseticida

Os bioensaios comportamentais de movimentação foram realizados para adultos de *D. luteipes* em metade das placas de petri tratadas com resíduo seco de inseticidas. As arenas foram confeccionadas em placas de Petri de 9 centímetros de diâmetro e 2 centímetros de altura. O fundo foi recoberto com discos de papel-filtro e suas paredes revestidas com teflon para evitar o escape dos insetos. Metade do disco de papel-filtro foi tratado com 1 mL da solução inseticida que foi colocada sobre o disco de papel-filtro não tratado, segundo a metodologia de Watson (1997). Esta concentração de inseticida utilizada (Tabela 1) não é letal para *D. luteipes*, como observado nos bioensaios de curva concentração-mortalidade. Os insetos foram expostos aos inseticidas por um período de 10 minutos, como determinado em avaliações preliminares. O controle foi tratado apenas com 1 mL de água. Ambos os discos foram tratados em capela de exaustão e deixados secando por um período de 20 a 30 minutos.

A placa de petri foi confeccionada com metade da área tratada e metade não tratada (controle). O disco usado no controle foi inserido no fundo da placa de Petri, e metade de um disco foi tratada com a solução de inseticida, sendo colado com cola branca (base de resina sintética e água) (Göller, China) por cima do disco controle. As características comportamentais avaliadas foram: porcentagem do tempo total, distância caminhada, velocidade média de

caminhamento e tempo de repouso de permanência do indivíduo na metade tratada ou não tratada. Os testes comportamentais foram realizados em sala com temperatura média de 25 ($\pm 3^{\circ}\text{C}$).

Os adultos de *D. luteipes* foram mantidos em arenas não tratadas com inseticida por um período de 24 horas para aclimatação do inseto à arena. Posteriormente, os insetos foram colocados nas arenas experimentais. As arenas foram levadas ao sistema de rastreamento formado por uma câmera de vídeo acoplada a um computador (ViewPoint Life Sciences Inc., Montreal – Canadá) para avaliação dos parâmetros comportamentais por um período de 10 minutos. O experimento foi montado em delineado inteiramente casualizado ao acaso com 19 repetições. Cada repetição constituiu-se de um único inseto. No final de 10 minutos de avaliação de cada repetição trocou-se a placa de Petri e os papéis-filtro. O lado em que o inseto foi adicionado a cada repetição definiu-se aleatoriamente. Neste bioensaio foi utilizado o teste *t* pareado entre a área tratada e não tratada com inseticidas. Para testar as diferenças entre os tratamentos correspondentes à área tratada foi utilizado o procedimento PROC GLM do programa System of Statistical Analyses - SAS (SAS Institute, 2000). Para testar as diferenças entre os tratamentos correspondentes foi utilizado o teste Tukey HSD ($p < 0,05$).

Tabela 1. Inseticidas usados nos bioensaios para *S. frugiperda* e adultos de *D. luteipes*.

Ingrediente Ativo	Grupo Químico	Concentração µg i.a./mL	Titular de Registro	Formulação
Clorfenapir	Análogo de pirazol	96	Basf S.A.	Suspensão Concentrada
Clorantraniliprole	Rianodina	200	DuPont do Brasil S.A.	Suspensão Concentrada
Espinosade	Espinosinas	833	Dow Agrosiences Industrial LTDA	Suspensão Concentrada
Etofemproxi	Éter difenílico	170	Iharabras S.A. Indústria Química	Concentrado Emulsionável
Metomil	Metilcarbamato de oxima	360	DuPont do Brasil S.A.	Concentrado Solúvel
Clorpirifós	Organofosforado	1600	Dow Agrosiences Industrial LTDA.	Concentrado Emulsionável
λ-cialotrina	Piretróide	50	Syngenta Proteção de Cultivos LTDA.	Concentrado Emulsionável
Deltametrina	Piretróide	16	Milenia Agrociências S.A.	Concentrado Emulsionável

3. Resultados

3.1 Toxicidade de inseticidas a *S. frugiperda*

Clorfenapir, metomil e etofemproxi foram os inseticidas com menores índices de toxicidade relativa ($< ITR_{50}$) para *S. frugiperda*. Já o inseticida com menor CL_{50} e com maior ITR foi o espinosade, seguido pela deltametrina. Já os inseticidas clorpirifós, clorantraniliprole e λ -cialotrina foram intermediários a esses extremos (Tabela 2).

Clorpirifós e espinosade apresentaram curvas concentração-mortalidade para *S. frugiperda* com maiores inclinações. Já o clorfenapir e clorantraniliprole apresentaram curvas concentração-mortalidade para *S. frugiperda* com as menores inclinações (Tabela 2).

Todos os inseticidas apresentaram diferentes tempos letais (TL_{50}) e razão entre os tempos letais (RTL_{50}) para 50% da população de *S. frugiperda*. O clorfenapir foi o inseticida com ação mais rápida ($> TL_{50}$ e RTL_{50}) para *S. frugiperda*, seguido pelo clorfenapir, clorantraniliprole, espinosade, deltametrina, metomil, λ -cialotrina, clorpirifós e etofemproxi (Tabela 3).

3.2 Toxicidade dos inseticidas a *D. luteipes*

Todos os inseticidas apresentaram diferentes CL_{50} e ITR_{50} para *D. luteipes*, com exceção de deltametrina e λ -cialotrina que apresentaram valores para estas variáveis semelhantes entre si. O clorantraniliprole foi o inseticida menos tóxico ($> CL_{50}$, $< ITR_{50}$) para *D. luteipes*, seguido pelo metomil, etofemproxi, espinosade, clorfenapir, deltametrina e λ -cialotrina. Já o inseticida mais tóxico foi o clorpirifós ($< CL_{50}$ e $> ITR_{50}$) (Tabela 4).

O metomil e o etofemproxi apresentaram curvas concentração-mortalidade para *D. luteipes* com maiores inclinações. Já o clorantraniliprole apresentou curva concentração-mortalidade para *D. luteipes* com a menor inclinação. Já as inclinações das curvas concentração-mortalidade para *D. luteipes* do clorfenapir, λ -cialotrina, espinosade, deltametrina e clorpirifós foram intermediárias a estes extremos (Tabela 4).

O clorfenapir foi o inseticida de ação mais lenta ($> TL_{50}$ e $< RTL_{50}$) para *D. luteipes*, seguido pelo espinosade, sendo que a λ -cialotrina e clorpirifós apresentaram os menores valores para estas variáveis (Tabela 5).

3.3 Seletividade dos inseticidas em favor de *D. luteipes*

Todos os inseticidas estudados, com exceção do clorpirifós, apresentaram índices de seletividade diferencial (ISD_{50}) em favor de *D. luteipes* em relação à *S. frugiperda* ($ISD > 1$). O clorantraniliprole foi o inseticida mais seletivo ($> ISD$), seguido pelo espinosade, metomil, etofemproxi, deltametrina, λ -cialotrina e clorfenapir (Tabela 4).

Tabela 2. Toxicidade de oito inseticidas a lagartas de segundo ínstar de *S. frugiperda* (Smith) (Lepidoptera: Noctuidae) após 48 horas de exposição.

Inseticidas	*N	*Inclinação ± EPM	*CL ₅₀ (IF _{95%}) µg i.a./mL	*ITR ₅₀ (IC _{95%})	*χ ²	*P
Metomil	240	1,26 ± 0,16	4,21 (2,78 - 5,90)	1,00 (0,66 - 1,34)	1,77	0,78
Etofemproxi	300	1,53 ± 0,17	3,37 (2,55 - 4,34)	1,25 (0,89 - 1,61)	1,65	0,80
Clorfenapir	290	0,92 ± 0,13	2,37 (1,38 - 3,60)	1,78 (1,52 - 2,04)	1,75	0,88
Clorpirifós	300	6,09 ± 1,04	1,18 (1,05 - 1,29)	3,57 (1,35 - 5,79)	0,80	0,93
Clorantraniliprole	290	1,06 ± 0,11	0,77 (0,53 - 1,19)	5,46 (5,23 - 5,69)	1,98	0,74
λ-cialotrina	290	1,67 ± 0,17	0,70 (0,53 - 0,90)	6,00 (5,64 - 6,36)	4,07	0,40
Deltametrina	240	3,22 ± 0,60	0,18 (0,15 - 0,25)	23,20 (21,92 - 24,48)	1,37	0,84
Espinosade	330	5,59 ± 0,61	0,042 (0,04 - 0,05)	99,47 (98,17 - 100,77)	3,07	0,54

*N = número total de insetos por bioensaio; *EPM = erro padrão da média, IF_{95%} = intervalo fiducial a 95% de probabilidade, *CL₅₀ = concentração letal para matar 50% dos indivíduos; *ITR₅₀ = índice de toxicidade relativa para matar 50% dos indivíduos (ITR₅₀ = maior CL₅₀ para o inseto/ CL₅₀ do inseticida para o inseto); IC_{95%} = intervalo de confiança a 95% de probabilidade, χ² = qui-quadrado; P = probabilidade.

Tabela 3. Curvas tempo-resposta e estimativa de tempo letal médio para lagartas de segundo instar de *S. frugiperda* (Smith) (Lepidoptera: Noctuidae) sob o efeito da concentração recomendada de oito inseticidas.

Inseticidas	*N	*Inclinação ± EPM	*TL ₅₀ (IF _{95%}) Minutos	*RTL ₅₀ (IC _{95%})	* χ^2	*P
Metomil	280	5,84 ± 0,70	29,18 (27,20 - 31,52)	1,71 (1,55 - 1,90)	5,23	0,39
Etofemproxi	240	6,67 ± 0,78	17,03 (15,69 - 18,34)	1,00 (0,90 - 1,11)	3,47	0,48
Clorfenapir	294	5,92 ± 0,72	116,34 (109,36 - 124,09)	6,83 (6,22 - 7,51)	2,40	0,79
Clorpirifós	280	9,60 ± 1,13	21,52 (20,41 - 22,70)	1,26 (1,16 - 1,38)	2,29	0,81
Clorantraniliprole	277	4,97 ± 0,53	84,61 (77,38 - 91,67)	4,97 (4,45 - 5,54)	2,15	0,83
λ -cialotrina	280	5,34 ± 0,52	25,03 (22,96 - 27,14)	1,47 (1,32 - 1,63)	6,75	0,23
Deltametrina	280	12,91 ± 1,60	44,84 (42,82 - 46,50)	2,63 (2,44 - 2,84)	3,29	0,66
Espinosade	319	10,53 ± 1,04	47,17 (45,25 - 49,18)	2,77 (2,55 - 3,01)	5,92	0,43

*N = número total de insetos por bioensaio; *EPM = erro padrão da média; TL₅₀ = tempo letal para 50% da população; IF_{95%} = intervalo fiducial 95% probabilidade; *RTL₅₀ = razão entre os tempos letais para 50% da população; IC_{95%} = intervalo de confiança a 95% de probabilidade; χ^2 = qui-quadrado; P = probabilidade.

Tabela 4. Toxicidade de oito inseticidas a adultos de *D. luteipes* (Scudder) (Dermaptera: Forficulidae) após 48 horas de exposição.

Inseticidas	*N	*Inclinação ± EPM ²	*CL ₅₀ (IF _{95%}) µg i.a./mL	*ISD ₅₀ (IC _{95%})	*ITR ₅₀ (IC _{95%})	*χ ²	*P
Metomil	162	5,34 ± 0,14	2176,0 (1336,0 – 2601,0)	516,7 (516,2 - 517,1)	348,0 (347,5 - 348,3)	1,74	0,42
Etofemproxi	147	4,56 ± 0,99	667,8 (506,0 – 800,0)	198,1 (196,0 - 200,2)	1133,5 (1131,41 - 1135,6)	0,18	0,91
Clorfenapir	497	3,45 ± 0,37	53,3 (43,9 – 62,0)	22,5 (21,8 - 23,2)	1,4 x10 ⁴ (1,4 x10 ⁴ - 1,4 x10 ⁴)	1,29	0,97
Clorpirifós	204	2,03 ± 0,25	1,4 (0,9 – 2,0)	1,2 (0,6 - 1,7)	5,5x10 ⁵ (5,5x10 ⁵ - 5,5x10 ⁵)	0,41	0,93
Clorantraniliprole	178	0,27 ± 0,10	7,6x10 ⁵ (7,6 x10 ⁵ – 7,6 x10 ⁵)	9,8x10 ⁵ (9,8x10 ⁵ – 9,8x10 ⁵)	1,00 (0,71 - 1,29)	0,18	0,91
λ-cialotrina	200	3,26 ± 0,55	16,6 (12,2 – 20,9)	23,7 (22,4 – 25,0)	4,5 x10 ⁴ (4,5 x10 ⁴ - 4,5 x10 ⁴)	0,45	0,93
Deltametrina	206	2,90 ± 0,85	22,6 (8,4 - 30,2)	152,0 (150,0 – 154,0)	3,3 x10 ⁴ (3,3 x10 ⁴ – 3,3 x10 ⁴)	2,77	0,43
Espinosade	164	3,06 ± 0,38	214,6 (169,5 - 259,7)	5,07x10 ³ (5,06x10 ³ -5,07x10 ³)	3528,0 (3526,4 - 3528,6)	3,74	0,15

*N = número total de insetos por bioensaio; *EPM = erro padrão da média; IF_{95%} = intervalo fiducial a 95% de probabilidade; IC_{95%} = intervalo de confiança a 95% probabilidade; CL₅₀ = concentração letal para 50% da população; *ISD₅₀ = índice de seletividade diferencial para 50% da população onde ISD₅₀ = CL₅₀ do inseticida para o predador/ CL₅₀ do inseticida para a praga; *ITR₅₀ = índice de toxicidade relativa para 50% da população, onde ITR₅₀ = maior CL₅₀ para o inseto/ CL₅₀ do inseticida para o inseto; χ² = qui-quadrado; P = probabilidade.

Tabela 5. Curvas tempo-resposta e estimativa de tempo letal médio para adultos de *D. luteipes* (Scudder) (Dermaptera: Forficulidae) sob o efeito da concentração recomendada de quatro inseticidas.

Inseticidas	*N	*Inclinação ± EPM	*TL ₅₀ (IF _{95%}) Horas	*RTL ₅₀ (IC _{95%})	* χ^2	*P
Clorfenapir	240	3,42 ± 0,58	21,58 (18,74 - 27,07)	12,48 (11,24 - 13,71)	0,93	0,92
Clorpirifós	243	5,09 ± 0,60	1,73 (1,57 - 1,89)	1,00 (0,28 - 2,28)	1,85	0,76
λ -cialotrina	332	4,31 ± 1,10	2,12 (1,34 - 2,50)	1,23 (0,91 - 3,36)	1,71	0,94
Espinosade	221	8,00 ± 1,18	11,43 (10,73 - 12,28)	6,61 (2,77 - 10,44)	2,33	0,67

*N = número total de insetos por bioensaio; *EPM = erro padrão da média; TL₅₀ = tempo letal para matar 50% da população; IF_{95%} = intervalo fiducial a 95% de probabilidade; *RTL₅₀ = razão entre os tempos letais para matar 50% da população; IC_{95%} = intervalo de confiança a 95% de probabilidade; χ^2 = qui-quadrado; P = probabilidade.

3.4 Comportamento de movimentação de *D. luteipes*

3.4.1 Arena totalmente tratada com inseticida

Os inseticidas afetaram significativamente o comportamento de locomoção de *D. luteipes* ($df_{num/den} = 40/573,81$; Wilks' lambda = 0,56; $F = 2,06$; $p < 0,0002$) quando submetidas à análise de variância multivariada. Análises de variância (univariada) subsequente indicaram que os adultos de *D. luteipes* apresentaram redução na distância caminhada ($F_{8,143} = 2,65$; $p < 0,0099$) e na velocidade média caminhada ($F_{8,143} = 2,78$; $p < 0,0070$) em placas totalmente tratadas para o inseticida espinosade (Figuras 1A e 1B).

Padrões característicos do caminhamento de *D. luteipes* em arena totalmente tratada são mostrados na Figura 2.

3.4.2 Arena parcialmente tratada com inseticida

O predador *D. luteipes* permaneceu por mais tempo na arena tratada com os inseticidas espinosade, lambda-cialotrina e deltametrina. Quando exposta ao inseticida clorpirifós o predador permaneceu por mais tempo na arena não tratada (Figura 3A).

Quanto à distância caminhada, o predador caminhou mais na arena tratada com os inseticidas espinosade e deltametrina. O predador caminhou por menos tempo na arena tratada com o inseticida clorpirifós (Figura 3B).

A velocidade de movimentação da *D. luteipes* foi menor na arena tratada com os inseticidas espinosade, lambda-cialotrina e deltametrina, sendo que a maior velocidade de movimentação foi na arena tratada com o inseticida clorpirifós (Figura 3C).

A *D. luteipes* permaneceu por mais tempo parada na arena tratada com os inseticidas espinosade, lambda-cialotrina e deltametrina. Quando a parte da arena foi tratada com o inseticida clorpirifós o predador permaneceu por menos tempo em repouso (Figura 3D).

Em todos os tratamentos observou-se que os inseticidas metomil e clorantraniliprole não causaram mudanças no comportamento da *D. luteipes* em relação aos outros inseticidas (Figura 3).

Padrões característicos do caminhamento de *D. luteipes* em arena parcialmente tratada são mostrados na Figura 4.

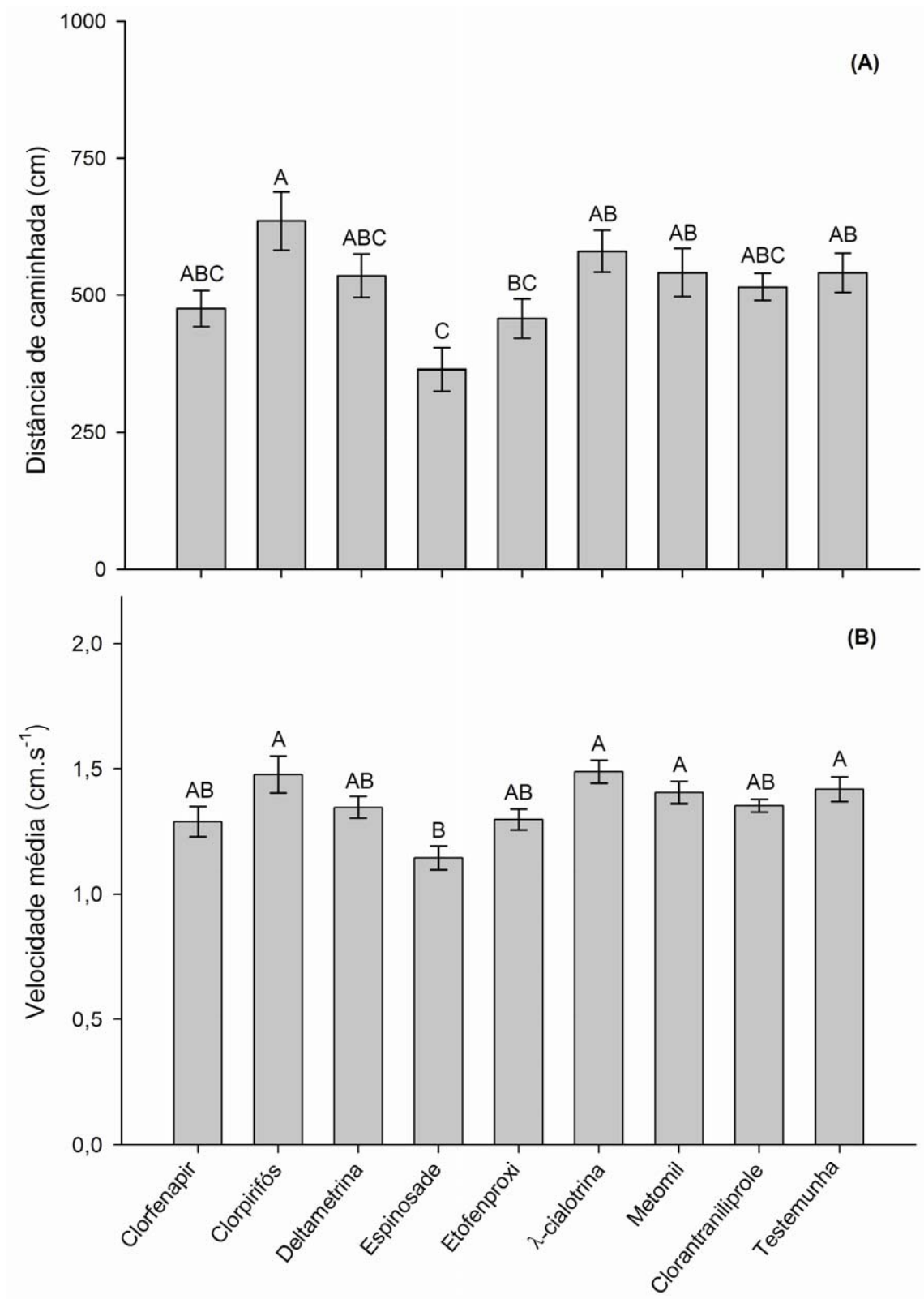


Figura 1. Média e erro padrão (I) da distância caminhada (A) e velocidade média (B) de adulto de *D. luteipes* (Scudder) (Dermaptera: Forficulidae) em arena tratada ou não com oito inseticidas. As médias seguidas pela mesma letra não diferem, entre si, pelo teste Tukey HSD ($p < 0,05$).

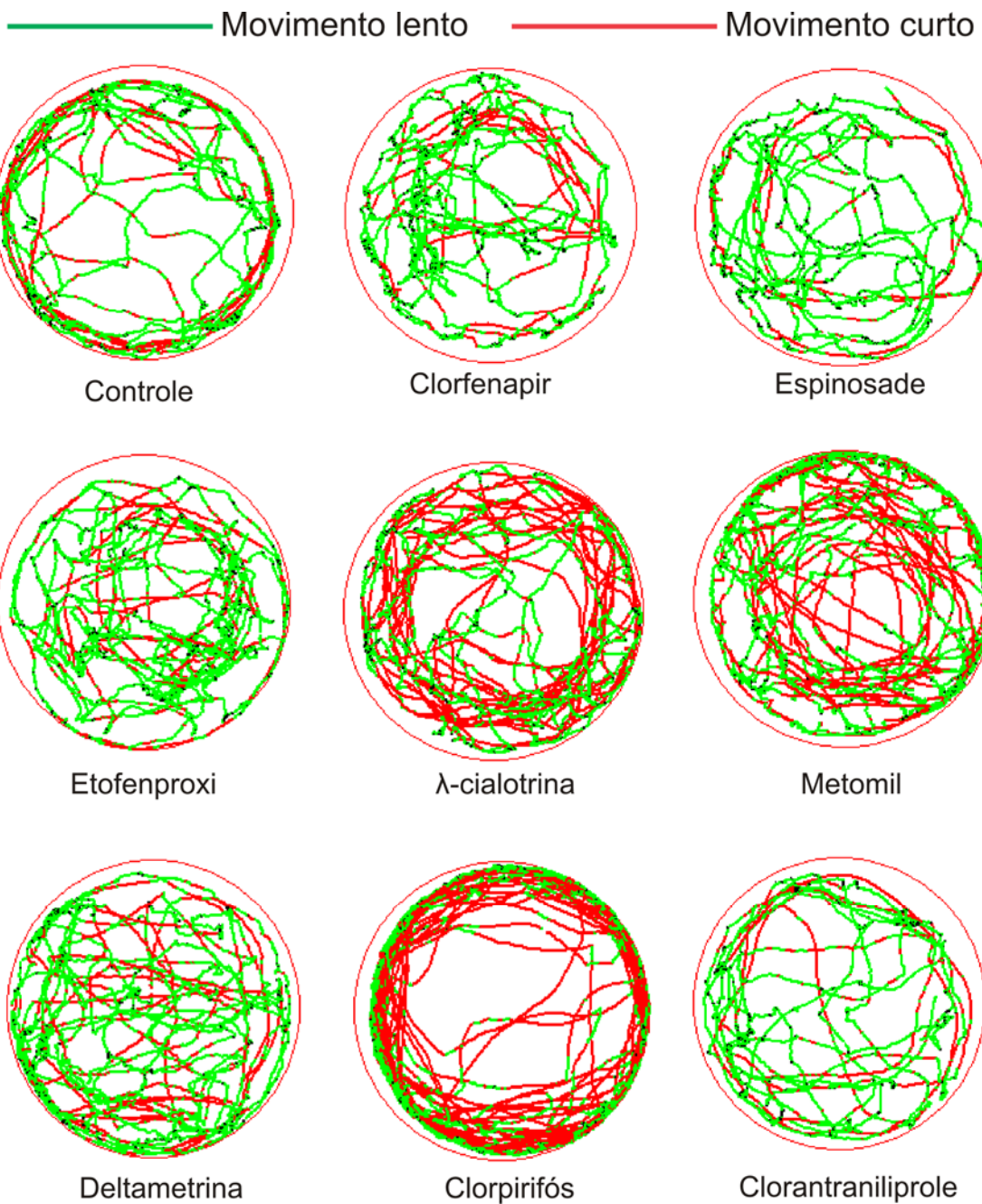


Figura 2. Representação da movimentação de adulto de *D. luteipes* (Dermaptera: Forficulidae) em arena tratada ou não com cada um dos oito inseticidas.

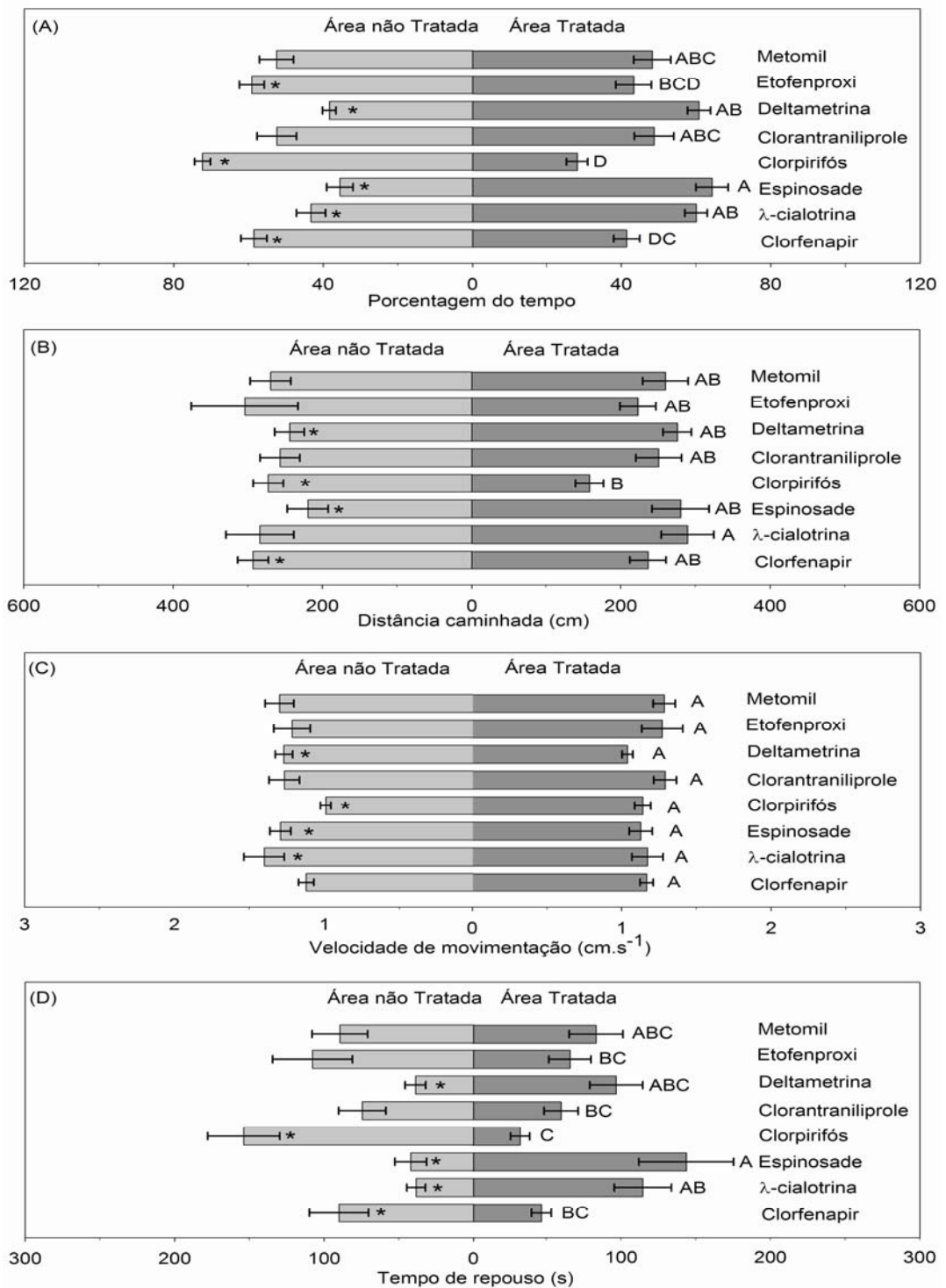


Figura 3. Média e erro padrão (I) da porcentagem de tempo (A), distância caminhada (B), velocidade de movimentação (C) e tempo em repouso (D) de adulto de *D. luteipes* em arena com metade de sua superfície tratada com cada um dos oito inseticidas. * Médias das metades da arena tratada e não tratada com o inseticida diferem, entre si, pelo teste t ($p < 0,05$). As médias das metades da arena tratadas com os inseticidas seguidas pela mesma letra não diferem, entre si, pelo teste Tukey HSD ($p < 0,05$).

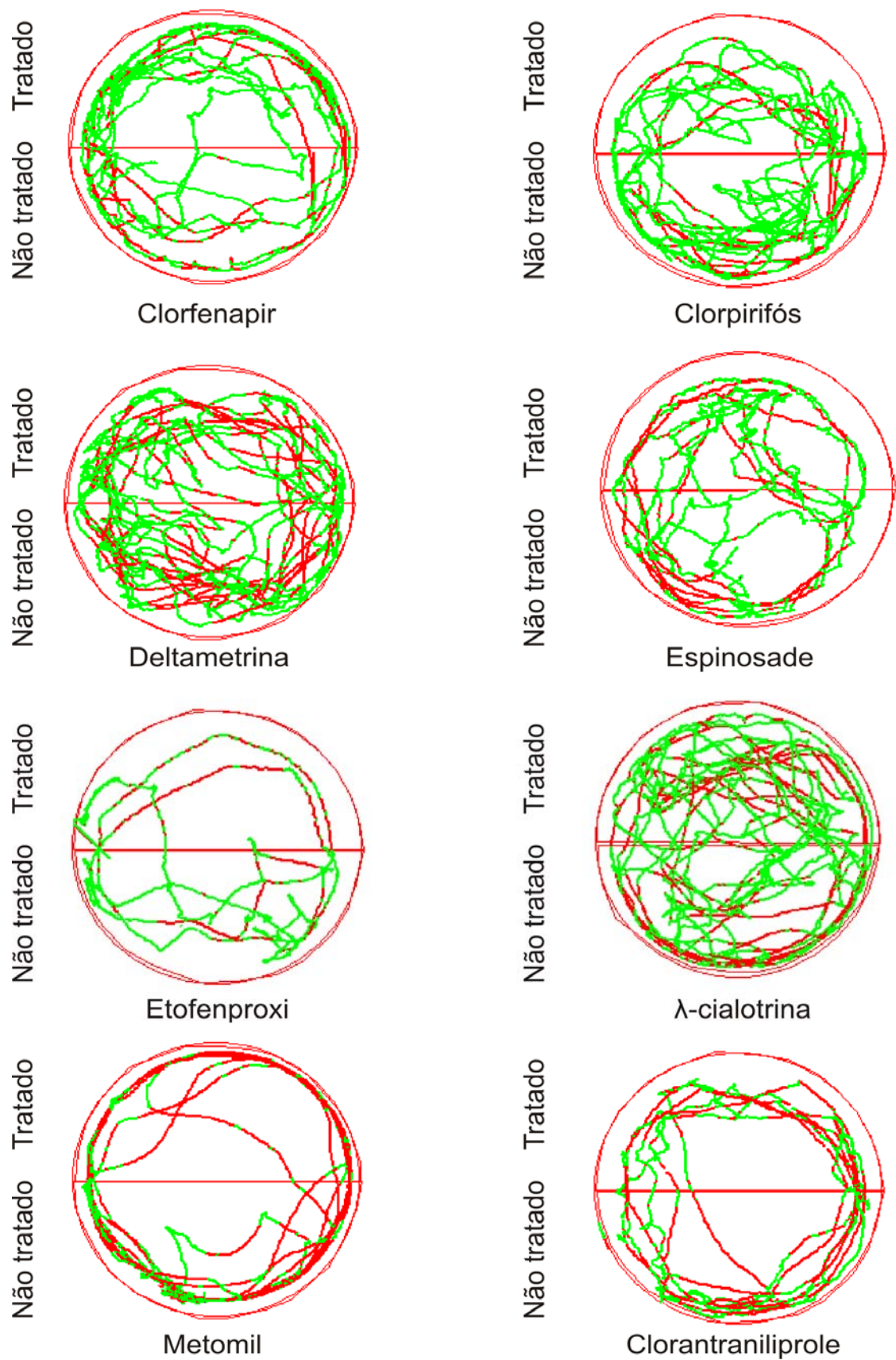


Figura 4. Representação da movimentação de adulto de *D. luteipes* (Dermaptera: Forficulidae) em arena com metade de sua superfície tratada com cada um dos oito inseticidas.

4. Discussão

O inseticida mais potente para *S. frugiperda* foi o espinosade e os menos potentes foram o metomil, o etofemproxi e o clorfenapir. A potência do inseticida espinosade para *S. frugiperda* pode ser explicada pelo seu modo de ação com propriedades neurotóxicas observado para Lepidopteras, Dipteras, Hymenopteras, e alguns Coleopteras (Bret et al., 1997). Este composto liga-se ao receptor nicotínico da acetilcolina, em sítio de ligação distinto dos neonicotinóides, provocando mudança na conformação do receptor e causando abertura dos canais iônicos, o que resulta na ativação prolongada dos receptores da acetilcolina, sendo altamente ativo por ingestão e menos ativo por contato (Salgado, 1998; Watson, 2001). Resultados semelhantes foram obtidos com o inseticida espinosade, utilizado em baixas concentrações para o controle de *S. frugiperda* (Adamczyk et al., 1999; Thompson et al., 2000; Williams et al., 2004; Cook et al., 2004).

O clorfenapir apresentou alto tempo letal médio (TL₅₀) entre os inseticidas testados para *S. frugiperda*. Apesar de ter sido o mais lento para matar *S. frugiperda* entre os inseticidas, este se mostrou potente para várias lagartas na cultura do milho (Argentine et al., 2002). A lenta mortalidade observada para o clorfenapir em *S. frugiperda* pode ser explicada pelo seu modo de ação. Este inseticida inibe o transporte de elétrons mitocondrial, assim, ocorre alteração no metabolismo energético na mitocôndria, quer por inibição do sistema de transporte de elétrons, quer por desacoplamento do sistema de transporte da síntese de ATP (Black et al., 1994; Decombel et al., 2004). Conseqüentemente, com pouca energia a lagarta *S. frugiperda* leva mais tempo para ingerir a concentração letal apresentando intoxicação pela

ingestão de doses subletais deste inseticida, que desencadeia ação mais lenta para ela, como no trabalho realizado por Adamczyk et al. (1999), que constatou alta mortalidade de *S. frugiperda* 24 horas após a aplicação de clorfenapir.

O inseticida clorpirifós foi altamente tóxico e de efeito rápido para *D. luteipes*. Este inseticida apresenta amplo espectro de ação (Komez et al., 2001; Badji et al., 2004) e é altamente tóxico em condições de laboratório e campo (Reis et al., 1988; Michereff Filho et al., 2002). A baixa seletividade do inseticida clorpirifós para *D. luteipes*, entre outros fatores, pode estar relacionada à massa molecular do composto, à semelhança de polaridade do composto e à cutícula dos insetos (Gerolt, 1970; Yu, 1987). O clorpirifós apresenta a menor massa molecular ($350,89 \text{ g.mol}^{-1}$) e alta lipofilicidade entre os inseticidas testados. A baixa massa molecular dos inseticidas pode ser relacionada com a maior taxa de penetração desse inseticida na cutícula do inseto (Hornsby et al., 1996). A maior penetração e o caráter lipofílico podem estar associados à espessura e à composição lipídica da cutícula dos insetos, sendo que a lipofilicidade é inversamente proporcional à solubilidade do inseticida em água, portanto, compostos lipofílicos penetram em maiores taxas no corpo do inseto (Bacci et al., 2006, Leite et al., 1998).

A alta seletividade do inseticida clorantraniliprole para *D. luteipes*, entre os inseticidas testados, pode estar associada à maior taxa de metabolização do composto pelo inimigo natural do que pela praga, ou às alterações no alvo de ação dos inseticidas em relação ao inimigo natural (Yu, 1987). Outro fator importante que pode estar relacionado à seletividade deste inseticida é a sua alta afinidade aos receptores de rianodina em Lepidopteras (Nauen, 2006). O clorantraniliprole tem apresentado alta seletividade para predadores e parasitóides como: ácaros predadores (Dinter et al., 2008), vespas parasitóide (Preetha et al., 2009) e percevejos predadores (Lahm et al., 2009).

Nos bioensaios comportamentais com arena totalmente tratada foi observada redução na distância e na velocidade média de caminhada para adultos de *D. luteipes* no tratamento com o inseticida espinosade. Este tipo de comportamento pode estar relacionado com a toxicidade deste inseticida ao inimigo natural por apresentar propriedades neurotóxicas (Bret et al., 1997). O espinosade é caracterizado por excitação do sistema nervoso e movimentos descoordenados (Hanley Jr., 2002), como observado em parasitóides (Tillman e Mulrooney, 2000; Mason et al., 2002; Michaud, 2003; Toews e

Subramanyam, 2004). Em outra espécie de tesourinha, *Doru teaniatum* (Dermaptera: Forficulidae), o espinosade foi moderadamente tóxico (Cisneros et al., 2002).

O comportamento de preferência sob efeito dos inseticidas pode ser avaliado em condições de laboratório. Estas respostas comportamentais podem aumentar a exposição do inseto aos inseticidas. Deste modo, a preferência em relação à exposição ao inseticida piretróide foi avaliada para grupos de pragas (Su e Scheffran, 1990; Diotaiuti et al., 2000; Chareonviriyaphap et al., 2004; Romero et al., 2009), mas o efeito das doses subletais de inseticidas no comportamento de preferência dos predadores é raramente considerado (Desneux et al., 2007).

Neste trabalho, observou-se que os inseticidas deltametrina, espinosade e λ -cialotrina tiveram efeito de atratividade aos adultos de *D. luteipes*. Os piretróides são potentes agentes neurotóxicos que alteram a função dos canais de sódio, prejudicando, assim, qualquer atividade do sistema nervoso, e apresentando aumento na atividade de movimentação (Soderlund e Bloomquist, 1988; Desneux et al., 2003). Diante deste fato, pode ter ocorrido toxicidade dos inseticidas deltametrina, espinosade e λ -cialotrina para *D. luteipes* em doses subletais, alterando seu comportamento, já que este predador permaneceu por mais tempo na área tratada. Entretanto, o inseticida deltametrina mostrou-se moderadamente seletivo em relação aos inseticidas testados e não apresentou tempo letal médio para *D. luteipes* quando exposto à concentração letal indicada para controle de *S. frugiperda*.

Quando adultos de *D. luteipes* foram expostos ao inseticida λ -cialotrina foi observada alta razão entre os tempos letais (RTL₅₀) em relação aos demais inseticidas testados. Portanto, o rápido efeito de intoxicação do inseticida λ -cialotrina pode ter levado o inseto a permanecer por maior tempo na área tratada, já que é observada repelência para os piretróide (Sun et al., 1993). Para o parasitóide *Aphidius ervi* (Haliday) (Hymenoptera: Aphidiinae), quando exposto ao inseticida λ -cialotrina, observou-se redução no comportamento de procura pelo hospedeiro (Desneux, et al., 2003). O percevejo predador *Geocoris punctipes* (Hemiptera: Lygaeidae), ao contrário, mostrou repelência à área tratada com o inseticida λ -cialotrina. A redução na movimentação pode sido causada por sua elevada toxicidade e efeito residual do inseticida ao percevejo predador (Tillman e Mulrooney, 2000).

Nos bioensaios comportamentais em arena parcialmente tratada, observou-se que os adultos de *D. luteipes* permaneceram a maior parte do tempo na área tratada com o inseticida espinosade. O inseticida espinosade, apesar de ter apresentado alto índice de seletividade, apresentou tempo letal médio para *D. luteipes* quando exposta à dose aplicada em campo para o controle de *S. frugiperda*. Nos bioensaios com arena totalmente tratada com inseticida espinosade verificou-se redução na movimentação do inimigo natural, explicada pelo efeito atrativo deste inseticida no bioensaio de preferência, permanecendo na parte tratada, o que pode afetar o seu comportamento por intoxicação. A toxicidade do espinosade quando ingerido foi observada para outra espécie de tesourinha, *Doru taeniatum*, quando alimentada com o espinosade, mostrando-se altamente tóxico (Cisneros et al., 2002).

Os adultos de *D. luteipes* exibiram comportamento de repelência à área tratada com o inseticida clorpirifós. O mesmo foi observado em todos os tratamentos comportamentais de preferência. Em outra espécie de tesourinha também foi observado repelência ao alimento tratado com o clorpirifós (Cisneros et al., 2002).

Portanto, dentro dos parâmetros observados para seletividade do produto químico é necessária a avaliação do seu efeito no comportamento do inseto. Isto porque, a preservação dos inimigos naturais, juntamente com os inseticidas seletivos, são estratégias importantes junto ao programa de manejo integrado de pragas. Assim, o inseticida clorantraniliprole apresentou alta potência contra *S. frugiperda*, sendo altamente seletivo para *D. luteipes* entre os inseticidas testados, não tendo sido observado efeito de irritabilidade ou repelência nos bioensaios comportamentais. Dessa forma, este inseticida pode vir a ser utilizado no controle de *S. frugiperda* na cultura do milho.

5. Conclusões

O inseticida espinosade mostrou-se o mais tóxico para *S. frugiperda*. A potência do espinosade pode estar relacionada com sua alta toxicidade quando ingerido pelo inseto. Já para *D. luteipes* o espinosade apresentou alta seletividade e média toxicidade.

Entre os inseticidas testados, o clorpirifós apresentou os piores índices para o inimigo natural, e apresentou baixa seletividade e alta toxicidade para *D. luteipes*.

O clorantraniliprole apresentou alta toxicidade para o controle de *S. frugiperda*, sendo o mais seletivo e o menos tóxico para *D. luteipes*, entre os inseticidas testados.

Nos bioensaios comportamentais os adultos de *D. luteipes* exibiram efeito de atratividade e redução da movimentação no tratamento com espinosade, sendo que este efeito de atratividade para o inimigo natural pode ser negativo. Isto porque, o espinosade apresentou tempo letal e foi observado efeito no comportamento do inseto reduzindo sua movimentação. Dessa forma, o inimigo natural pode permanecer por mais tempo exposto ao inseticida espinosade.

Os adultos de *D. luteipes* apresentaram comportamento de repelência ao inseticida clorpirifós, o que pode estar relacionado ao seu efeito imediato. O clorpirifós apresentou maior tempo letal para *D. luteipes*.

Não foi observado efeito de irritabilidade ou preferência nos bioensaios comportamentais para o clorantraniliprole. Assim, este inseticida pode vir a ser utilizado junto ao programa de manejo integrado para o controle de *S. frugiperda* na cultura de milho.

6. Literatura citada

- Abbott, W.S. A method of computing the effectiveness of an insecticide. **Journal of Economic Entomology**, v.18, p.265-267, 1925.
- Adamczyk Jr., J.J.; Leonard, B.R.; Graves, J.B. Toxicity of selected insecticides to Fall armyworms (Lepidoptera: Noctuidae) in laboratory bioassay studies. **Florida Entomologist**, v.82, p.230-236, 1999.
- Alves, P.M.P.; Lima, J.O.G.; Oliveira, L.M. Monitoramento da resistência do bicho mineiro-do-cafeeiro, *Perileucoptera coffeella* (Lepidoptera: Lyonetiidae) a inseticidas em Minas Gerais. **Anais da Sociedade Entomológica do Brasil**, v.21, p.77-91, 1992.
- Andrews, K.L. Latin American research on *Spodoptera frugiperda* (Lepidoptera: Noctuidae). **Florida Entomologist**, v.71, p.630-653, 1988.
- Argentine, J.A.; Jansson R.K.; Halliday, W.R.; Rugg, D.; Jany, C. Potency, spectrum and residual activity of four new insecticides under glasshouse conditions. **Florida Entomologist**, v.85, p.552-556, 2002.
- Armenta, R.; Martínez A.M.; Chapman, C.W.; Magallanes, R.; Goulson, D.; Caballero, P.; Cave, R.D.; Cisneros J.; Valle, J.; Castillejos, V.; Penagos, D.I.; García, I.F.; Williams, T. Impact of a nucleopolyhedrovirus bioinsecticide and selected synthetic insecticides on the abundance of insect natural enemies on maize in Southern Mexico. **Journal of Economic Entomology**, v.96, p.649-661, 2003.
- Bacci, L.; Picanço, M.C.; Gusmão, M.R.; Crespo A.L.B.; Pereira, E.J.G. Seletividade de Inseticidas a *Brevicoryne brassicae* (L.) (Homoptera: Aphididae) e ao predador *Doru luteipes* (Scudder) (Dermaptera: Forficulidae). **Neotropical Entomology**, v.30, p.707-713, 2001.
- Bacci, L.; Pereira E.J.G.; Fernandes, F.L., Picanço, M.C.; Crespo, A.L.B.; Campos, M.R. Seletividade fisiológica de inseticidas a vespas predadoras (Hymenoptera: Vespidae) de *Leucoptera coffeella* (Lepidoptera: Lyonetiidae). **BioAssay**, v.1, p.1-7, 2006.

- Bacci, L.; Picanço, M.C.; Rosado, R.F.; Silva, G.A.; Crespo, A.L.B.; Pereira, E.J.G., Martins, J.C. Conservation of natural enemies in brassica crops: comparative selectivity of insecticides in the management of *Brevicoryne brassicae* (Hemiptera: Sternorrhyncha: Aphididae). **Applied Entomology and Zoology**, v.44, p.103-113, 2009.
- Badji, C.A.; Guedes, R.N.C.; Silva, A.A.; Araújo, R.A. Impact of deltamethrin on arthropods in maize under conventional and no-tillage cultivation. **Crop Protection**, v.23, p.1031-1039, 2004.
- Banken, J.A.O.; Stark, J.D. Multiple routes of pesticide exposure and the risk of pesticides to biological controls: A study of neem and the seven spot lady beetle, *Coccinella septempunctata* L. *Journal of Economic Entomology*, v.91, p.1-6, 1998.
- Batalha, V.C.; Zanuncio, J.C.; Picanço, M.C.; Sedyama, C.S. Seletividade de inseticidas aos predadores *Podisus nigrispinus* (Dallas, 1851) e *Supputius cincticeps* (Stal, 1860) (Heteroptera: Pentatomidae) e a sua presa Lepidoptera. **Revista Árvore**, v.19, p.382-395, 1995.
- Black, B.C.; Hollingworth, R.M.; Ahammadsahib, K.I.; Kukel, C.D.; Donovan, S. Insecticidal action and mitochondrial uncoupling activity of AC-303,630 and related halogenated pyrroles. **Pesticide Biochemistry and Physiology**, v.50, p.115-128, 1994.
- Bret, L.; Larson, L.; Scroonover, R.; Sparks, C.; Thompson, D. Biological properties of spinosad. **Down to Earth**, v.52, p.6-13, 1997.
- Cabrera, A.R.; Cloyd, R.A.; Zaborski, E.R. Effects of Greenhouse pesticides on the soil-dwelling predatory mite *Stratiolaelaps scimitus* (Acari: Mesostigmata: Laelapidae) under laboratory conditions. **Journal of Economic Entomology**, v.97, p.793-799, 2004.
- Chapman, J.W.; Williams, T.; Escribano, A.; Caballero, P.; Cave, R.D.; Goulson, D. Age-related cannibalism and horizontal transmission of a nuclear polyhedrosis virus in larval *Spodoptera frugiperda*. **Ecology Entomology**, v.24, p.268-275, 1999.
- Chareonviriyaphap, T.; Prabaripai, A.; Bangs, M.J. Excito-repellency of deltamethrin on the malaria vectors, *Anopheles minimus*, *Anopheles dirus*, *Anopheles swadiwongporni*, and *Anopheles maculatus*, in Thailand. **Journal of the American Mosquito Control Association**, v.20, p.45-54, 2004.
- Cisneros, J.; Goulson, D.; Derwent, L.C.; Penagos, D.I.; Hernandez, O.; Williams, T. Toxic effects of spinosad on predatory insects. **Biological Control**, v.23, p.156-163, 2002.

- Cook, D.R.; Leonard, B.R.; Gore, J. Field and laboratory performance of novel insecticides against armyworms (Lepidoptera: Noctuidae) **Florida Entomologist**, v.87, p.433-439, 2004.
- Croft, B.A. **Arthropod biological control agents and pesticides**. Wiley, New York. 1990. 723p.
- Cruz, I.; Alvarenga, C.D.; Figueiredo, P.E.F. Biologia de *Doru luteipes* e sua capacidade predatória de ovos de *Helicoverpa zea* (Boddie). **Anais da Sociedade Entomológica do Brasil**, v.24, p.273-278, 1995.
- Cruz, I., Figueiredo, M.L.C., Matosos, M.J. **Controle biológico de *Spodoptera frugiperda* utilizando o parasitóide de ovos *Trichogramma***. Circular Técnica. Sete Lagoas: EMBRAPA-CNPMS. 1999. 40p.
- Cruz, I. **Controle biológico de pragas na cultura de milho para produção de conservas (minimilho), por meio de parasitóides e predadores**. Circular Técnico 91, Sete Lagoas: EMBRAPA-CNPMS. 2007. 16p.
- Decombel, L.; Smagghe, G.; Tirry, L. Action of major insecticide groups on insect cell lines of the beet armyworm, *Spodoptera exigua*, compared with larvicidal toxicity. **In Vitro Cellular & Developmental Biology – Animal**, v.40, p.43-51, 2004.
- Desneux, N.; Pham-Delègue, M.; Kaiser, L. Effects of sub-lethal and lethal doses of λ -cyhalothrin on oviposition experience and host-searching behaviour of a parasitic wasp, *Aphidius ervi*. **Pest Management Science**, v.60, p.381-389, 2003.
- Desneux, N.; Decourtye, A.; Delpuech, J.M. The sublethal effects of pesticides on beneficial arthropods. **Annual Review of Entomology**, v.52, p.81-106, 2007.
- Dinter A.; Brugger, K.; Bassi, A.; Frost, N.M.; Woodward, M.D. Clorantraniliprole (DPX-E2Y45, DuPont™ Rynaxypyr®, Coragen® and Altacor® insecticide) - a novel anthranilic diamide insecticide - demonstrating low toxicity and low risk for beneficial insects and predatory mites. **Pesticides and Beneficial Organisms IOBC/WPRS Bulletin**, v.35, p.128-135, 2008.
- Diotaiuti, L.; Marques-Penido, C.; Araújo, H.S.; Schofield, C.J.; Teixeira-Pinto, C. Excito-repellency effect of deltamethrin on triatomines under laboratory conditions. **Revista da Sociedade Brasileira de Medicina Tropical**, v.33, p.247-252, 2000.
- Environmental Protection Agency – EPA, **Federal Register - Friday, December 12, 2008, Etofenprox; pesticide tolerance agency. Rules and Regulations**, v.73, n.240, p.75601-75605, 2008.
- Fenoglio, M.S.; Trumper, E.V. Influence of weather conditions and density of *Doru luteipes* (Dermaptera: Forficulidae) on *Diatraea saccharalis*

- (Lepidoptera: Crambidae) egg mortality. **Environment Entomology**, v.36, p.1159-1165, 2007.
- Gerolt, P. The mode of entry of contact insecticides. **Pesticides Science**, v.1, p.209-212, 1970.
- Guedes, R.N.C.; Magalhães, L.C.; Cosme, L.V. Stimulatory sublethal response of a generalist predator to permethrin: hormesis, hormoligosis, or homeostatic regulation? **Journal of Economic Entomology**, v.102, p.170-176, 2009.
- Hanley Jr, T.R.; Breslin, W.J.; Quast, J.F.; Carney, E.W. Evaluation of spinosad in a two-generation dietary reproduction study using Sprague-Dawley rats. **Toxicological Science**, v.67, p.144-152, 2002.
- Haynes, K.F. Sublethal effects of neurotoxic insecticides on insect behavior. **Annual Review of Entomology**, v.33, p.49-168, 1988.
- Hornsby, A.G.; Wauchope, R.; Herner, A.E. **Pesticide properties in the environment**. New York: Springer, 1996. 227p.
- Komez, N.; Fouillet, P.; Boulétreau, M.; Delpuech, J.M. Modification, by the insecticide chlorpyrifos, of the behavioral response to kairomones of a parasitoid wasp, *Leptopilina boulardi*. **Environmental Contamination and Toxicology**, v.41, p.436-442, 2001.
- Lahm, G.P.; Cordova, D.; Barry, J.D. New and selective ryanodine receptor activators for insect control. **Bioorganic & Medicinal Chemistry**, v.17, p.4127-4133, 2009.
- Leite, G.L.D.; Picanço, M.C.; Guedes, R.N.C.; Gusmão, M.R. Selectivity of insecticides with and without mineral oil to *Brachygastra lecheguana* (Hymenoptera: Vespidae): a predator of *Tuta absoluta* (Lepidoptera: Gelechiidae). **Ceiba**, v.39, p.3-6, 1998.
- Longley M.; Jepson P.C. The influence of insecticide residues on primary parasitoid and hyperparasitoid foraging behaviour in the laboratory. **Entomologia Experimentalis et Applicata**, v.81, p.259-269, 1996.
- MAPA. AGROFIT. **Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento**, 2008. Apresenta informações sobre produtos fitossanitários usados na agricultura. Disponível em: <<http://www.agricultura.gov.br/agrofit>>. Acesso em: agosto de 2008.
- Martinelli, S.; Barata, R.M.; Zucchi, M.I.; Silva Filho, M.C.; Omoto, C. Molecular variability of *Spodoptera frugiperda* (Lepidoptera: Noctuidae) populations associated to maize and cotton crops in Brazil. **Journal of Economic Entomology**, v.99, p.519-526, 2006.

- Mason, P.G.; Erlandson, M.A.; Elliott, R.H.; Harris, B.J. Potential impact of spinosad on parasitoids of *Mamestra configurata* (Lepidoptera: Noctuidae). *Canadian Entomologist*, v.134, p.59-68, 2002.
- Michaud, J.P.; Grant, A.K. IPM-compatibility of foliar insecticides for citrus: indices derived from toxicity to beneficial insects from four orders. **Journal of Insect Science**, v.3, p.1-10, 2003.
- Michereff Filho, .M.; Della Lucia, T.M.C.; Cruz, I.; Guedes, R.N.C.; Galvão, J.C.C. Chlorpyrifos spraying of no-tillage corn during tasselling and its effect on damage by *Helicoverpa zea* (Lep., Noctuidae) and on its natural enemies. **Journal of Applied Entomology**, v.126, p.422-430, 2002.
- Moura, M.F.; Picanço, M.C.; Gonring, A.R.; Bruckner, C.H. Seletividade de inseticidas a três Vespidae predadores de *Dione juno juno* (Lepidoptera: Heliconidae). **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.35, p.251-257, 2000.
- Nauen, R. Perspectives Insecticide mode of action: return of the ryanodine receptor. **Pest Management Science**, v.62, p.690-692, 2006.
- O'Brien, R.D. **Toxic phosphorus esters**. New York: Academic, 1960. 434p.
- Oliver, K.; Liu, J.; Pope, C. Inhibition of forskolin-stimulated cAMP formation in vitro by paraoxon and chlorpyrifos oxon in cortical slices from neonatal, juvenile and adult rats. **Journal of Biochemical and Molecular Toxicology**, v.15, p.263-269, 2001.
- Pasini, A.; Parra, J.R.P.; Lopes, J.M. Dieta artificial para criação de *Doru luteipes* (Scudder) (Dermaptera: forficulidade), predador da lagarta do cartucho do milho, *Spodoptera frugiperda* (J.E.Smith) (Lepidoptera: Noctuidae). **Neotropical Entomology**, v.36, p.308-311, 2007.
- Preetha, G.; Stanley, J.; Suresh, S.; Kuttalam, S.; Samiyappan, R. Toxicity of selected insecticides to *Trichogramma chilonis*: Assessing their safety in the rice ecosystem. **Phytoparasitica**, v.37, p.209-215, 2009.
- Reis, L.L.; Olivera, L.J.; Cruz, I. Biologia e potencial de *Doru luteipes* no controle de *Spodoptera frugiperda*. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.23, p.333-342. 1988.
- Ripper, W.E.; Greenslade, R.M.; Hartley, G.S. Selective insecticides and biological control. **Journal of Economic Entomology**, v.44, p.448-459, 1951.
- Romero, A.; Potter, M.F.; Haynes, K.F. Behavioral responses of the bed bug to insecticide residues. **Journal of Medical Entomology**, v.46, p.51-57, 2009.

- Rust, M.K.; Saran, R.K. Toxicity, repellency, and transfer of chlorfenapyr against western subterranean termites (Isoptera: Rhinotermitidae) **Journal of Economic Entomology**, v.99, p.864-872, 2006.
- Salgado, V.L. Studies on the mode of action of spinosad: Insect symptoms and physiological correlates. **Pesticide Biochemistry and Physiology**, v.60, p.91-102, 1998.
- SAS Institute. **SAS/STAT User's Guide**. SAS, Cary, NC, USA, 2000.
- Sattelle D.B.; Cordova, D.; Cheek, T.R. Insect ryanodine receptors: molecular targets for novel pest control chemicals. **Invertebrate Neuroscience**, v.8, p.107-119, 2008.
- Soderlund, D.M.; Bloomquist, J.R. Neurotoxic actions of pyrethroid insecticides. **Annual Review Entomology**, v.34, p.77-96, 1989.
- Sparks, T.C.; Thompson, G.D.; Kirst, H.A.; Hertlein, M.B.; Larson, L.L.; Worden, T.V.; Thibault, S.T. Biological activity of the spinosyns, new fermentation derived insect control agents, on tobacco budworm (Lepidoptera: Noctuidae) larvae. **Journal of Economic Entomology**, v.91, p.1277-1283, 1998.
- Su, N.Y.; Scheffran, R.H. Comparison of eleven soil termiticides against Formosan subterranean termite and eastern subterranean termite (Isoptera: Rhinotermitidae). **Journal of Economic Entomology**, v.83, p.1918-1924, 1990.
- Sun, Y.Q.; Yuan, J.G.; Li, J.; He, F.Q.; Liu, B.W.; Wang, J.; Gong, K.Y. The resistance mechanism of housefly against pyrethroids. **Acta Entomology**, v.33, p.265-273, 1993.
- Thompson, G.D.; Dutton, R.; Sparks, T.C. Spinosad - a case study: an example from a natural products discovery programme. **Pest Management Science**, v.56, p.696-702, 2000.
- Tillman, P.G.; Mulrooney, J.E. Effect of selected insecticides on the natural enemies *Coleomegilla maculata* and *Hippodamia convergens* (Coleoptera: Coccinellidae), *Geocoris punctipes* (Hemiptera: Lygaeidae), and *Bracon mellitor*, *Cardiochiles nigriceps*, and *Cotesia marginiventris* (Hymenoptera: Braconidae) in cotton. **Journal of Economic Entomology**, v.93, p.1638-1643, 2000.
- Toews, M.D.; Subramanyam, B. Survival of stored-product insect natural enemies in spinosad-treated wheat. **Journal of Economic Entomology**, v.97, p.1174-1180, 2004.
- Treacy, M.; Miller, T.; Black, B.; Gard, I.; Hunt, D.; Hollingworth, R.M., Uncoupling activity and pesticidal properties of pyrroles. **Biochemical Society Transactions**, v.22, p.244-247, 1994.

- Valicente F.H.; Barreto, M.R. Levantamento dos Inimigos naturais da lagarta do cartucho do milho, *Spodoptera frugiperda* (J. E. Smith) (Lepidoptera: Noctuidae), na região de Cascavel, PR. **Anais da Sociedade Entomológica do Brasil**, v.28, p.333-337, 1999.
- Watson, E.; Barson, G.; Pinniger, D.B.; Ludlow, A.R.; Roberts, G. Evaluation of the behavioural responses of *Anthrenus verbasci* adults and larvae to permethrin (ec) using a computerized tracking system. **Journal of Stored Products Research**, v.33, p.335-346, 1997.
- Watson, G.B. Actions of insecticidal spinosyns on γ -aminobutyric acid receptors from small-diameter cockroach neurones. **Pesticide Biochemistry and Physiology**, v.71, p.20-28, 2001.
- Wiles J.A.; Jepson P.C. Sub-lethal effects of deltamethrin residues on the within-crop behaviour and distribution of *Coccinella septempunctata*. **Entomologia Experimentalis et Applicata**, v.72, p.33-45, 1994.
- Williams, T.; Cisneros J.; Penagos D.I.; Valle, J.; Tamez-Guerra, P. Ultralow rates of spinosad in phagostimulant granules provide control of *Spodoptera frugiperda* (Lepidoptera: Noctuidae) in maize. **Journal of Economic Entomology**, v.97, p.422-428, 2004.
- Yaméogo, L.; Traoré, K.; Back, C.; Hougard, M.J.; Calamari, D. Risk assessment of etofenprox (vectron) on non-target aquatic fauna compared with other pesticides used as *Simulium* larvicide in a tropical environment. **Chemosphere**, v.42, p.965-974, 2001.
- Youn, Y.N.; Seo, M.J.; Shin, J.G.; Jang, C.; Yub, Y.M. Toxicity of greenhouse pesticides to multicolored Asian lady beetles, *Harmonia axyridis* (Coleoptera: Coccinellidae). **Biological Control**, v.28, p.164-170, 2003.
- Yu, S.J. Biochemical defense capacity in the Spined soldier bug (*Podisus maculiventris*) and its lepidopterous prey. **Pesticide Biochemistry and Physiology**, v.28, p.216-223, 1987.