

RODRIGO SOARES RAMOS

SELETIVIDADE E DISTÚRBIOS LOCOMOTORES NO PERCEVEJO *Blaptostethus
pallens* PREDADOR DE *Chrysodeixis includens* CAUSADOS POR EXPOSIÇÃO A
INSETICIDAS

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

VIÇOSA
MINAS GERAIS - BRASIL
2014

**Ficha catalográfica preparada pela Biblioteca Central da Universidade
Federal de Viçosa - Câmpus Viçosa**

T

Ramos, Rodrigo Soares, 1987-
R175s Seletividade e distúrbios locomotores no percevejo
2014 *Blaptostethus pallescens* predador de *Chrysodeixis includens*
causados por exposição a inseticidas / Rodrigo Soares Ramos. –
Viçosa, MG, 2014.
viii, 27f. : il. (algumas color.) ; 29 cm.

Orientador: Carlos Siguelyuki Sedyama.
Dissertação (mestrado) - Universidade Federal de Viçosa.
Referências bibliográficas: f.22-27.

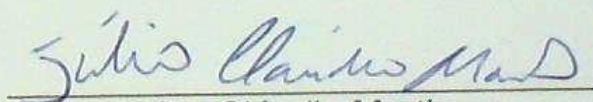
1. Inseticidas. 2. Pragas - Manejo. 3. Comportamento animal. I. Universidade Federal de Viçosa. Departamento de Fitotecnia. Programa de Pós-graduação em Fitotecnia. II. Título.

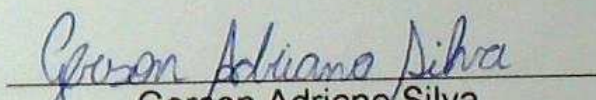
CDD 22. ed. 632.9517

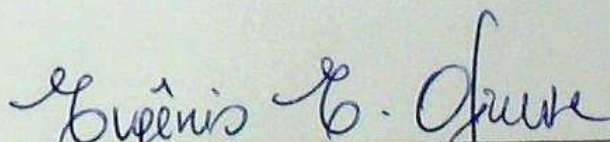
SELETIVIDADE E DISTÚRBIOS LOCOMOTORES NO PERCEVEJO *Blaptostethus pallescens* PREDADOR DE *Chrysodeixis includens* CAUSADOS POR EXPOSIÇÃO A INSETICIDAS

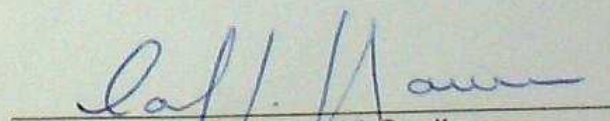
Dissertação apresentada à Universidade Federal de Viçosa, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Fitotecnia, para obtenção do título de *Magister Scientiae*.

APROVADA: 16 de julho de 2014.


Júlio Cláudio Martins


Gerson Adriano Silva


Eugênio Eduardo de Oliveira


Carlos Siqueyuki Sedyama
(Orientador)

A Deus, o criador de todas as coisas que me concedeu o dom da vida;

Agradeço

Aos meus pais, Antônio e Margarida, por me preparar para a vida;

Aos meus irmãos, Daniel e Danielle, pelo apoio;

A minha namorada, Paola, pelo amor e companheirismo;

Aos meus familiares e amigos, pelo amor e carinho.

Dedico

Aos cientistas e a todo povo brasileiro.

Ofereço

AGRADECIMENTOS

A DEUS, pela vida, amor, saúde e por me abençoar e guiar todos os dias no caminho do conhecimento.

À Universidade Federal de Viçosa e ao Departamento de Fitotecnia, pela oportunidade de realização do mestrado.

A Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), pela concessão da bolsa de estudo.

Agradeço ao professor Carlos Sigueyuki Sedyama pela orientação, disponibilidade e atenção dispensada a minha formação durante esse curso, pela contribuição na minha formação profissional, pelos ensinamentos valiosos, pela confiança e paciência.

Ao coorientador e amigo, professor Marcelo Coutinho Picanço, pela amizade e confiança, pelos ensinamentos valiosos, pela paciência e pelo estímulo ao longo desses anos. Sua dedicação e ética profissional serão sempre fonte de inspiração para futuros trabalhos. À sua esposa Kátia e aos seus filhos Mayara, Luíza e Marcelo Filho, pelo agradável convívio.

Aos professores Gerson Adriano Silva, Júlio Cláudio Martins, Eugênio Eduardo de Oliveira componentes da banca, pela cordialidade em aceitar o convite e pela forma como participaram.

Aos estagiários do laboratório de Manejo Integrado de Pragas: Obiratanea, Thiago, Elenir, Vitor, Reginaldo, Elizeu, Dalton, Izalda, Mirian, João Rafael, Lucas, Júlia, Daniel, Patrícia Fernandes e Patrícia Pimentel pela convivência maravilhosa e enriquecedora, e principalmente a Obiratanea, ao Thiago e a Elenir pela grande e essencial ajuda na realização deste trabalho.

Aos amigos da pós-graduação do Laboratório de Manejo Integrado de Pragas, Antônio, Tarcísio, Ricardo, Renata, Aelton, Paulo, Mayara e Tamiris pela grande amizade, convívio e companheirismo ao longo da minha vida acadêmica.

Aos meus queridos amigos Paulo, Aelton, Renata, Jorgiane e Vânia pelos conselhos e pela ótima convivência durante todo esse tempo de trabalho.

Obrigado a todos pela ajuda nas coletas de campo, nas criações e nas montagens dos bioensaios, o auxílio de vocês foram fundamentais neste trabalho.

Aos estagiários, mestres e doutores que passaram pelo Laboratório de Manejo Integrado de Pragas: Júlio, Gerson, Flávio, Adriano, Leandro Bacci, Darley, Elisa, Elisângela, Ézio, Emerson, Hudson, Renan, Jander, Jardel, Mateus Campos, Mateus Chediak, Rogério, Shaiene, Suzana, Suelen, Jorgiane, Vânia e Verônica;

A todos os colegas dos cursos de Fitotecnia e Agronomia pelo agradável convívio durante as disciplinas cursadas e pela relação de amizade e divergência de ideias que fazem da Universidade um ambiente propício à formação profissional e intelectual.

Aos professores da Universidade Federal de Viçosa, cuja orientação nas disciplinas me possibilitou a abertura de novos conhecimentos e horizontes científicos;

A secretária do Programa de Pós-graduação em Fitotecnia, Tatiani pela competência e dedicação ao trabalho e ao funcionário José Evaristo pela amizade.

A todos os meus familiares, que diretamente ou indiretamente ofereceram condições para que eu progredisse na minha caminhada.

Aos meus irmãos, Daniel e Danielle pelo apoio e amizade.

A Paola, pelo amor, carinho, amizade, companheirismo, apoio, confiança e paciência demonstrada ao longo desse tempo de convivência.

Agradeço principalmente aos meus pais Antônio e Margarida pelo apoio e por me encorajar durante toda a vida em especial neste momento tão importante, pela compreensão, paciência e convívio nesta fase de formação e por nunca medir esforços para que eu chegasse até aqui.

Por fim, a todos aqueles que, direta ou indiretamente, contribuíram para a execução deste trabalho, meus sinceros agradecimentos.

Muito obrigado a todos!

BIOGRAFIA

RODRIGO SOARES RAMOS, filho de Antônio Tito Ramos e Margarida Maria Soares Ramos, nasceu em Viçosa, Minas Gerais, no dia 01 de janeiro de 1987.

Em maio de 2006, ingressou no curso de Agronomia pela Universidade Federal de Viçosa, graduando-se em setembro de 2012. Durante a graduação, de julho de 2008 a setembro de 2012 foi estagiário no Laboratório de Manejo Integrado de Pragas do Setor de Entomologia do DDE/UFV, sob a orientação do Professor Marcelo Coutinho Picanço. Nesse período desenvolveu vários trabalhos na área de Manejo Integrado de Pragas em diversas culturas. Foi monitor bolsista da disciplina Entomologia Agrícola por três semestres coordenado pelo Prof. Marcelo Coutinho Picanço.

Em novembro de 2012 ingressou no curso de mestrado do Programa de Pós-graduação em Fitotecnia, Universidade Federal de Viçosa, defendendo tese em julho de 2014.

SUMÁRIO

RESUMO	vii
ABSTRACT	viii
1. INTRODUÇÃO	1
2. MATERIAL E MÉTODOS.....	3
2.1. Insetos	3
2.1.1. Praga.....	3
2.1.2. Inimigo natural	4
2.2. Inseticidas:.....	4
2.3. Bioensaios de toxicidade	5
2.4. Bioensaios com sinergistas:	6
2.5. Bioensaios comportamentais.....	7
2.6. Análises estatísticas	8
3. RESULTADOS.....	9
3.1. Toxicidade de inseticidas a <i>C. includens</i>	9
3.2. Seletividade de inseticidas em favor do predador <i>B. pallescens</i>	11
3.3. Impacto dos inseticidas no comportamento de movimentação do predador <i>B. pallescens</i>	15
4. DISCUSSÃO	15
5. CONCLUSÕES	21
6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	22

RESUMO

RAMOS, Rodrigo Soares, M.Sc. Universidade Federal de Viçosa, julho de 2014. **Seletividade e distúrbios locomotores no percevejo *Blaptostethus pallescens* predador de *Chrysodeixis includens* causados por exposição a inseticidas.** Orientador: Carlos Sigueyuki Sedyama. Coorientador: Marcelo Coutinho Picanço.

Nos programas de manejo integrado de pragas é importante a seleção de inseticidas eficientes para o controle das pragas e que tenham baixo impacto sobre os inimigos naturais. A lagarta falsa medideira *Chrysodeixis includens* (Walker) (Lepidoptera: Noctuidae) é uma importante praga de soja, feijão, algodão, batata, tomate, girassol e fumo em várias partes do mundo. Os percevejos da família Anthocoridae são importantes predadores de ovos e lagartas nos agroecossistemas. Entre esses predadores *Blaptostethus pallescens* (Poppius) é uma espécie importante e pouco estudada. Assim, os objetivos deste trabalho foram determinar a seletividade de inseticidas em relação a sua presa *C. includens*, os possíveis mecanismos bioquímicos da seletividade fisiológica em favor de *B. pallescens* e as alterações no comportamento de locomoção do predador provocadas por pesticidas. Os inseticidas cartap, clorantraniliprole, clorfenapir, espinosade, indoxacarbe, metomil, flubendiamida e deltametrina apresentaram mortalidades maiores que 80% de lagartas de *C. includens*. Espinosade, metomil e cartap foram os inseticidas que controlaram mais rapidamente *C. includens* (menos de 5 horas). Clorantraniliprole, clorfenapir, espinosade, indoxacarbe e flubendiamida foram seletivos em favor do percevejo predador *B. pallescens*. As enzimas monoxigenases possivelmente estão envolvidas na seletividade de clorfenapir, espinosade e indoxacarbe. As enzimas tranferases possivelmente estão envolvidas na seletividade de clorfenapir, indoxacarbe e flubendiamida. Já as enzimas esterases possivelmente estão envolvidas na seletividade do clorfenapir em favor do predador *B. pallescens*. Flubendiamida teve efeito de atração sobre *B. pallescens*. Já cartap, indoxacarbe e espinosade tiveram efeito de repelência sobre esse predador. Dessa forma, os resultados deste estudo reforçam a importância da utilização de compostos mais seletivos como clorfenapir, espinosade, indoxacarbe e flubendiamida ou ainda por compostos de alta especificidade como o clorantraniliprole, devido a menor toxicidade a organismos não-alvo o que confere a possibilidade de maior sustentabilidade dos programas de MIP da *C. includens*.

ABSTRACT

RAMOS, Rodrigo Soares, M.Sc. Universidade Federal de Viçosa, July, 2014. **Selectivity and locomotor disorders in pirate bug *Blaptostethus pallescens* predator of *Chrysodeixis includens* caused by exposure to insecticides.** Adviser: Carlos Siqueyuki Sedyama. Co-adviser: Marcelo Coutinho Picanço.

In the integrated pest management programs is important the selection of efficient insecticides for the pest control and with low impact on natural enemies. The soybean looper, *Chrysodeixis includens* (Walker) (Lepidoptera: Noctuidae) is an important pest of soybeans, beans, cotton, potatoes, tomatoes, sunflower and tobacco in various parts of the world. The pirate bugs from the Anthocoridae family are important predators of eggs and larvae in agroecosystems. Among these predators, *Blaptostethus pallescens* (Poppius) is an important species and little-studied. The aims of this study were to determine the selectivity of insecticides in relation to *C. includens* its prey, the possible biochemical mechanisms of physiological selectivity in favor of *B. pallescens* and changes in the locomotion behavior of the predator caused by pesticides. The cartap, cloranthraniliprole, chlorfenapyr, spinosad, indoxacarb, methomyl, flubendiamide and deltamethrin insecticides showed higher mortality than 80% of *C. includens* larvae. Spinosad, methomyl and cartap were insecticides that controlled more quickly *C. includens* (less than 5 hours). Cloranthraniliprole, chlorfenapyr, spinosad, indoxacarb and flubendiamide were selective to the pirate bug predator *B. pallescens*. The monooxygenases enzymes are possibly involved in the selectivity of chlorfenapyr, spinosad and indoxacarb. The transferases enzymes are possibly involved in the selectivity of chlorfenapyr, indoxacarb and flubendiamide. The esterase enzymes are possibly involved in the selectivity of chlorfenapyr to the predator *B. pallescens*. Flubendiamide had effect of attraction on *B. pallescens*. Cartap, indoxacarb and spinosad have had repellency effect over this predator. Thus, the results of this study reinforce the importance of using more selective compounds as chlorfenapyr, spinosad, indoxacarb and flubendiamide or also by compounds with high specificity as cloranthraniliprole due to lower toxicity to non-target organisms which gives the possibility of more sustainable IPM programs of *C. includens*.

1. INTRODUÇÃO

O ataque de insetos-praga é um dos principais fatores que causam perdas de produtividade dos cultivos e o uso de inseticidas é o principal método usado no controle desses organismos (Ripper, 1944; Matthews, 2008). Para os programas de manejo integrado de pragas é importante a seleção de inseticidas que sejam eficientes no controle das pragas e que tenham baixo impacto sobre os inimigos naturais (Kogan, 1998; Galvan et al. 2005; Gradish et al. 2011) já que esses agentes de controle biológico exercem um importante papel na regulação das populações das pragas (Bale et al. 2008). Neste contexto é importante a utilização de inseticidas seletivos que possibilitem a integração do controle químico com o controle biológico das pragas (van den Bosch & Stern, 1962; Hoyt, 1969).

A seletividade de inseticidas em favor dos inimigos naturais foi classificada por Ripper et al. (1951) em dois grupos: ecológica e fisiológica. A seletividade ecológica está relacionada à forma de aplicação dos inseticidas. Esta aplicação deve ser realizada de modo a reduzir a exposição dos organismos não-alvo aos compostos aplicados. Já a seletividade fisiológica consiste na maior toxicidade do produto à praga do que ao inimigo natural, quando ambos entram em contato com esse composto.

A maioria dos estudos de efeito de inseticidas sobre inimigos naturais abordam aspectos fisiológicos e bioquímicos, porém existem poucos estudos sobre as respostas comportamentais desses organismos aos pesticidas (Guedes et al. 2009; Campos et al. 2011; Pereira et al. 2014). Os pesticidas podem afetar o comportamento dos inimigos naturais (Wiles et al. 1994; Longley et al. 1996; Michalková & Pekár, 2009; Evans et al. 2010) alterando a

mobilidade, orientação, alimentação, oviposição e aprendizagem (Desneux et al. 2007).

O grande aumento do ataque da lagarta falsa medideira *Chrysodeixis includens* (Walker) (Lepidoptera: Noctuidae) tem sido observada, em cultivos de soja, feijão, algodão, batata, tomate, girassol e fumo (Barrionuevo et al. 2012) em vários estados brasileiros e em países como Argentina, Paraguai, Uruguai, Bolívia e Estados Unidos (Kitching & Rawlins, 1987; Jost & Pitre, 2002; Barrionuevo et al. 2012; Bernardi et al. 2012). No controle desta praga é importante o uso de inseticidas que possibilitem o controle eficiente e que sejam usados de forma a terem baixo impacto sobre o controle biológico natural. Dentre os inseticidas existentes no mercado existe uma nova geração de lagartidas cuja eficácia no controle de *C. includens* e o impacto sobre os inimigos naturais são pouco conhecidos.

Os percevejos da família Anthocoridae são importantes inimigos naturais encontrados nos agroecossistemas (Veire et al. 1996; Lattin, 1999; Pereira et al. 2014). Dentre os Hemiptera: Anthocoridae o percevejo predador *Blaptostethus pallescens* (Poppius) é uma espécie pouco estudada, porém com grande potencial de uso no controle biológico (Sobhy et al. 2014). Em estudos preliminares com *B. pallescens* têm-se verificado que esta espécie é eficiente na predação de vários artrópodes fitófagos tais como mosca branca, afídeos, ácaros e larvas de lepidópteros (Lattin, 1999; Desneux & O'Neil, 2008; Ballal et al. 2012). O *B. pallescens* é de origem tropical e é capaz de predação ovos e lagartas de várias espécies de importância agrícola (Lattin, 1999; Sobhy et al. 2014), porém suas características biológicas básicas são pouco conhecidas.

Assim, os objetivos deste trabalho foram determinar a seletividade de inseticidas a *B. pallescens* em relação a sua presa *C. includens* e as alterações

no comportamento locomotor do predador provocadas por pesticidas. Para tanto foi determinada: (i) a eficiência e rapidez de ação dos inseticidas sobre as larvas de *C. includens*, (ii) a seletividade fisiológica dos inseticidas em favor do predador *B. pallescens*, (iii) os possíveis mecanismos bioquímicos da seletividade fisiológica dos inseticidas em favor de *B. pallescens* e (iv) o impacto dos inseticidas sobre o comportamento de locomoção de *B. pallescens*.

2. MATERIAL E MÉTODOS

2.1. Insetos

2.1.1. Praga

As populações de laboratório de *C. includens* foram estabelecidas a partir de indivíduos coletados em plantios comerciais de feijão em Viçosa-MG (20°48'45"S, 42°56'15"W, altitude 600 m e clima tropical de altitude).

Para a criação da *C. includens* os indivíduos foram divididos em quatro gaiolas (45 x 45 x 45 cm), uma para cada fase do ciclo de vida (ovo, larva, pupa e adulto). Na primeira gaiola, eram colocadas até duas plantas contendo ovos, provindas da gaiola de oviposição. A segunda gaiola continha plantas de feijoeiro para a alimentação das lagartas. A terceira gaiola recebia as pupas originadas das gaiolas de lagartas, as pupas eram colocadas em potes plásticos de 250 mL, onde permaneciam até a emergência dos adultos. A quarta gaiola continha aproximadamente 30 casais, uma planta de feijoeiro para oviposição e um algodão embebido com mel para alimentação dos adultos (Xu et al. 2004). As plantas de feijoeiro utilizadas na criação eram isentas de inseticidas e foram cultivadas em casa de vegetação.

2.1.2. Inimigo natural

As populações de laboratório do percevejo *B. pallescens* foram estabelecidas a partir de indivíduos coletados em plantios comerciais de feijão em Viçosa - MG (20°48'45"S, 42°56'15"W, altitude 600 m e clima tropical de altitude).

Na criação do percevejo predador, as ninfas foram acondicionadas em placas de Petri (9 cm de diâmetro x 2 cm de altura). No fundo de cada placa de Petri foi colocado pedaços de papel toalha (2 cm²), para servirem de abrigo, ovos de *Anagasta kuehniella* (Zeller) (Lepidoptera: Pyralidae), para alimentação, e um pedaço de algodão embebido em água. Os adultos foram mantidos em potes de vidro (1L) com pedaços de papel toalha, ovos de *A. kuehniella*, algodão umedecido e inflorescências de *Bidens pilosa* L. (Asteraceae: Compositae). Estas inflorescências servem como substrato para oviposição desses predadores. A criação foi mantida em sala climatizada à temperatura de 27 ± 2 °C, umidade relativa de 75 ± 5% e fotofase de 14 horas.

2.2. Inseticidas:

Foram utilizados neste estudo nove inseticidas em formulações comerciais nas doses recomendadas: cartap (500 g i.a.kg⁻¹; pó molhável; 1,5 kg/ha; Ihabrás, Sorocaba, SP, Brasil), clorantraniliprole (200 g i.a.L⁻¹; suspensão concentrada; 45 mL/ha; DuPont Brasil, Paulínea, SP, Brasil), clorfenapir (240 g i.a.L⁻¹; suspensão concentrada; 1,25 L/ha; BASF S.A., São Paulo, Brasil), espinosade (480 g i.a.L⁻¹; suspensão concentrada; 31,25 mL/ha; Dow AgroSciences, Franco da Rocha, SP, Brasil), flubendiamida (480 g i.a.L⁻¹; suspensão concentrada; 60 mL/ha; Bayer S.A, Uberaba, MG, Brasil), indoxacarbe (300 g i.a.L⁻¹; grânulos dispersíveis em água; 60 g/ha; DuPont, Barueri, Brasil), deltametrina (25 g i.a.L⁻¹; concentrado emulsionável; 200

mL/ha; Bayer Crop Science, Uberaba, MG, Brasil), metomil (215 g i.a.L⁻¹; concentrado solúvel; 0,75 L/ha; Dupont, Uberaba, MG, Brasil), acefato (750 g i.a.kg⁻¹; pó solúvel; 0,5 kg/ha; salto de Pirapora, SP, Brasil).

Os inseticidas testados são registrados para o controle da falsa medideira com exceção de cartap, clorfenapir e espinosade. Esses inseticidas foram selecionados por serem registrados no Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA, 2013) para controle de lagartas em cultivos agrícolas de soja, feijão, algodão, tomate e repolho no Brasil.

2.3. Bioensaios de toxicidade

As unidades experimentais dos bioensaios de toxicidade para *C. includens* foram constituídas de folhas de soja, imersas por cinco segundos nas respectivas caldas inseticidas (diluído em água). Nos tratamentos foram utilizados 0,2 µL/mL de espalhante adesivo N-dodecilbenzeno sulfonato de sódio 320 CE, como agente molhante surfactante (MAPA, 2013) o espalhante apresenta compatibilidade com todos os produtos utilizados e confere o espalhamento ideal dos produtos na superfície foliar. O controle foi realizado com a imersão das folhas apenas em água e espalhante. Após a secagem, as folhas foram acondicionadas em potes plásticos (200 mL) e 10 larvas de 2º instar foram colocadas em cada pote. A avaliação da mortalidade ocorreu 48 horas após a montagem dos bioensaios (Galdino et al. 2011). Os bioensaios foram conduzidos em delineamento inteiramente casualizado com seis repetições.

O mesmo procedimento de montagem dos bioensaios de toxicidade foi realizado para os bioensaios de tempo-mortalidade de larvas de segundo instar de *C. includens*. Para todos os inseticidas testados, a avaliação da mortalidade foi feita pelo menos oito vezes para cada produto testado, durante o intervalo

de 48 horas após a montagem dos bioensaios. Os bioensaios foram conduzidos em delineamento inteiramente casualizado com um total de 60 indivíduos por tratamento.

Para o bioensaio de seletividade dos inseticidas em favor do predador foi utilizada a mesma metodologia do bioensaio de toxicidade descrita acima. Em cada pote foram colocados 10 adultos recém-emergidos, ovos de *A. kuehniella* e algodão umedecido com água destilada para alimentação dos adultos, já que o período de 48 horas sem alimento levaria grande mortalidade dos adultos por falta do mesmo. Todos os bioensaios foram também mantidos em sala climatizada à temperatura de 27 ± 2 °C, umidade relativa de $75 \pm 5\%$ e fotofase de 14 horas.

2.4. Bioensaios com sinergistas:

Os inseticidas que causaram mais de 80% de mortalidade de *C. includens* e menos de 20% de mortalidade ao percevejo predador *B. pallenscens* foram utilizados nos bioensaios com os sinergistas. Os inseticidas utilizados foram clorfenapir, clorantraniliprole, indoxacarbe, espinosade e flubendiamida. Os sinergistas utilizados foram o trifenil fosfato (99% de pureza), dietil maleato (97% de pureza) e butóxido de piperonila (90% de pureza). O trifenil fosfato é um inibidor de esterases, enzimas que, em insetos, estão envolvidas no sistema nervoso central, na regulação dos níveis de hormônio juvenil, em processos digestivos, comportamento reprodutivo e degradação de inseticidas e participam na hidrólise de acoplamentos de éster em ácido e álcool (Aldridge, 1953). O dietil maleato é inibidor de glutathione S-transferase que são enzimas multifuncionais que atuam na detoxificação celular por catalizarem a conjugação de compostos exógenos (Bellés et al. 1987; Chelvanayagam et al., 2001). Já o butóxido de piperonila é responsável pela inibição de complexo

monooxigenases dependentes do citocromo P450 (Brattsten et al., 1986; Sonderlund & Broomquist, 1990; Ishaaya, 1993). As monooxigenases são enzimas encontradas em todos os tecidos dos insetos e desempenham um papel central no metabolismo de substâncias químicas de plantas hospedeiras e de pesticidas através da conversão em compostos mais polares (Brattsten et al. 1986; Schoonhoven et al. 2005).

Os sinergistas foram diluídos em acetona na concentração de 1,5 mg/mL. As doses dos inseticidas foram às mesmas utilizadas no bioensaio de toxicidade a *C. includens*. Os inseticidas foram aplicados nas mesmas condições dos bioensaios anteriores. Após a secagem dos tratamentos com os inseticidas os folíolos foram levados à torre de Potter (Burkard®, Potter spray Tower - Manual Load, BS00282) para a pulverização dos sinergistas. A pulverização foi realizada a uma pressão 15 lb/pol², com concentração de 1,5 ± 0,5 mg de calda/cm², seguindo recomendações da “Organização Internacional para o Controle Biológico e Integrado de Plantas e Animais Nocivos” (IOBC) (Hassan et al. 1987; Veire et al. 1996). Em seguida, foram adicionados 10 percevejos adultos por repetição, ovos de *A. kuehniella* e algodão umedecido com água destilada. O experimento foi conduzido em delineamento inteiramente casualizado com seis repetições. Os tratamentos foram: inseticida, inseticida + trifenil fosfato, inseticida + dietil maleato e inseticida + butóxido de piperonila.

2.5. Bioensaios comportamentais

Dois bioensaios comportamentais foram realizados em arenas totalmente e parcialmente tratadas com os inseticidas utilizando metodologia adaptada de Guedes et al. (2009). As arenas foram confeccionadas em placas de Petri (9 cm de diâmetro e 2 cm de altura), cujo fundo foi recoberto por discos

de papel-filtro e as paredes revestidas com Teflon® PTFE (DuPont, Wilmington, DE, USA) um polímero de baixa aderência para evitar o escape dos insetos. Os discos de papel-filtro foram tratados com 1 mL da solução correspondente à dose recomendada de cada inseticida. O controle foi tratado com 1 mL do solvente (água). Os discos foram tratados e deixados em capela de exaustão para secagem por 30 minutos.

O primeiro experimento, sem chance de escolha, foi constituído de duas arenas, a primeira totalmente tratada com o inseticida e a outra apenas com água (controle). A característica avaliada foi o tempo em movimento, tempo parado, tempo em voo e tempo realizando limpeza. No segundo ensaio, com chance de escolha, a arena foi confeccionada com metade tratada com o inseticida e outra metade não tratada. O disco utilizado no controle foi inserido no fundo da placa de Petri e a metade do disco tratado com a solução do inseticida foi colada com cola branca (base de resina sintética e água) por cima do disco controle. A característica comportamental avaliada foi a proporção do tempo de permanência do indivíduo adulto em cada metade da arena.

Em ambos os bioensaios foram utilizados percevejos adultos recém-emergidos, que foram liberados no centro da arena. Posteriormente, procedeu-se à avaliação visual do comportamento locomotor dos insetos, que foram monitorados por 10 minutos. O experimento foi conduzido em delineamento inteiramente casualizado com 20 repetições. Cada repetição foi constituída por um único percevejo. A cada repetição a placa de Petri, papel filtro e o percevejo foram substituídos.

2.6. Análises estatísticas

Os dados da mortalidade de *C. includens* foram submetidos à análise de sobrevivência, pelo método do produto-limite de Kaplan–Meier por intermédio

do programa Statistical Analysis System - SAS (SAS Institute, 2013), gerando as curvas de tempo-mortalidade para estimativa dos tempos letais TL_{50} . Os tempos letais de metade (TL_{50}) da população de larvas de segundo instar de *C. includens* foram divididos em grupos baseados no intervalo de confiança a 95% de probabilidade. Já os dados de mortalidade da *C. includens* e de *B. palleescens* após 48 horas a montagem dos bioensaios com inseticidas foram submetidos à análise de variância e as médias comparadas pelo teste Tukey ($P < 0,05$) e os resultados dos bioensaios com os sinergistas foram submetidos também à análise de variância e as médias comparadas pelo teste t ($P < 0,05$). Os dados de mortalidade foram corrigidos em relação à mortalidade do controle usando-se a formula de Abbott (1925). Para o teste comportamental com a arena completamente tratada foi realizada uma análise de variância e os dados referentes à arena parcialmente tratada (metade tratada e metade controle) foram submetidos ao teste t pareado. Para todos os dados foram verificados a homogeneidade de variância e normalidade dos erros (PROC UNIVARIATE; PROC GPLOT; SAS Institute, 2013) os quais indicaram que transformações não seriam necessárias.

3. RESULTADOS

3.1. Toxicidade de inseticidas a *C. includens*

Foram detectadas diferenças significativas na mortalidade de larvas de *C. includens* em função dos inseticidas ($F_{8; 45} = 146,27; P < 0,001$). Os inseticidas clorantraniliprole, espinosade, cartap, flubendiamida, indoxacarbe, clorfenapir, metomil e deltametrina foram os mais tóxicos às larvas de *C. includens*. Já o acefato foi o inseticida menos tóxico às larvas de *C. includens* (Figura 1).

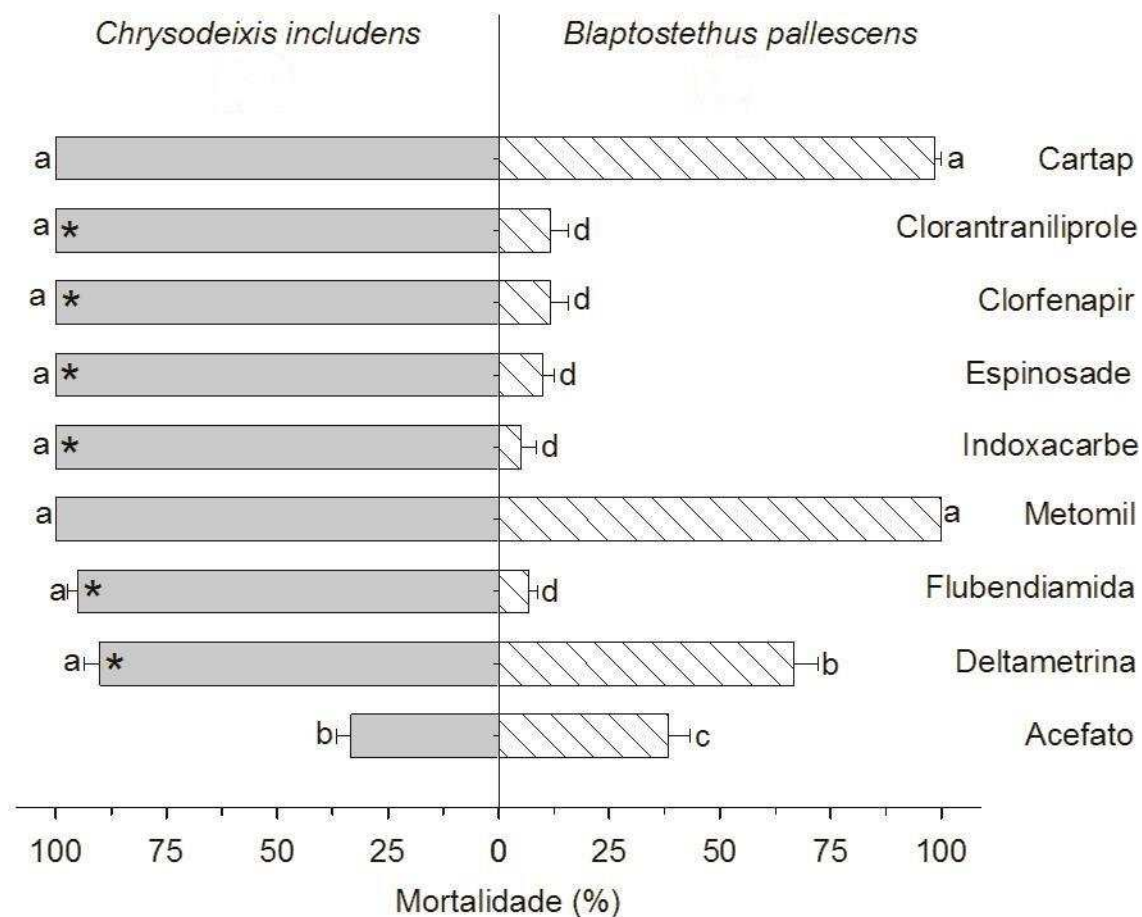


Figura 1. Mortalidades (média + erro padrão) de larvas de *Chrysodeixis includens* e adultos do predador *Blaptostethus pallelescens* causadas pelas doses recomendadas de nove inseticidas. Os histogramas seguidos da mesma letra possuem médias que não diferem, entre si, pelo teste Tukey a $P < 0.05$. * O asterisco indica que a mortalidade causada por este inseticida as larvas de *C. includens* foram maiores que a mortalidade que esse causou ao predador de acordo com o teste t a $P < 0,05$.

De acordo com os tempos letais (TL_{50}) (tempo letal necessário para causar mortalidade em 50% da população) de larvas de *C. includens*, os inseticidas podem ser divididos em sete grupos. A ordem decrescente das TL_{50} foi flubendiamida > indoxacarbe > clorantraniliprole e deltametrina > clorfenapir > espinosade > metomil > cartap (Figuras 2 e 3).

3.2. Seletividade de inseticidas em favor do predador *B. pallescens*

Houve diferenças significativas na mortalidade de adultos do percevejo predador *B. pallescens* em função dos inseticidas ($F_{8; 45} = 132,33$, $P < 0,05$). De acordo com a mortalidade causada ao predador *B. pallescens* os inseticidas podem ser divididos em quatro grupos. Os inseticidas mais tóxicos ao predador foram cartap e metomil. Os inseticidas menos tóxicos ao predador foram flubendiamida, clorantraniliprole, clorfenapir, espinosade e indoxacarbe. Já deltametrina e acefato causaram mortalidades, ao predador, intermediárias a estes extremos, sendo que deltametrina causou maior mortalidade do que o acefato (Figura 1).

As mortalidades causadas por clorantraniliprole, clorfenapir, espinosade, indoxacarbe, flubendiamida e deltametrina a *C. includens* foram maiores que as mortalidades que esses inseticidas causaram ao predador *B. pallescens* ($P < 0,05$). Já as mortalidades causadas pelo acefato, cartap e metomil a praga foram semelhantes a aquelas que esses inseticidas causaram ao predador (Figura 1).

Ocorreu aumento das mortalidades ao predador *B. pallescens* pelos inseticidas clorfenapir, espinosade e indoxacarbe em função da aplicação do sinergista butóxido de piperonila. O sinergista dietil maleato aumentou as mortalidades causadas por clorfenapir, indoxacarbe e fluendiamida ao predador *B. pallescens*. Já o sinergista trifetil fosfato só aumentou a mortalidade causada por clorfenapir ao predador *B. pallescens* (Figura 4).

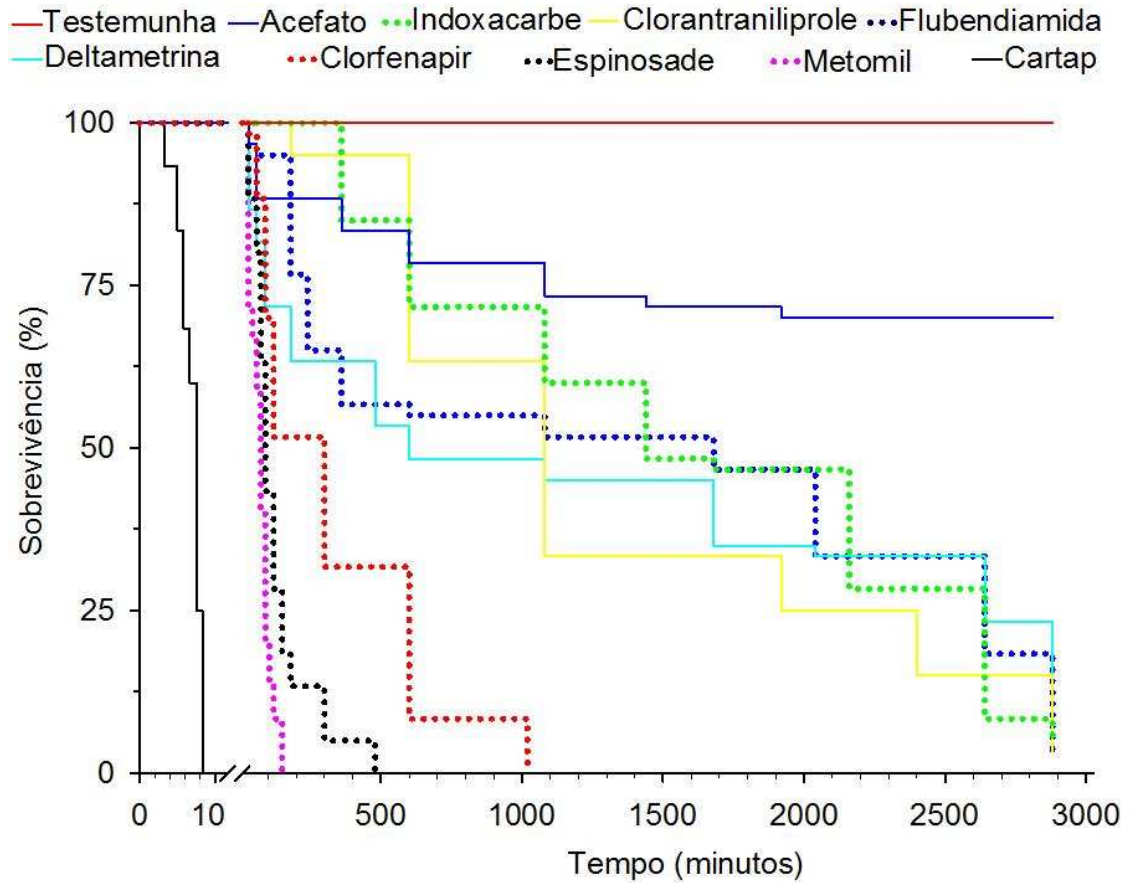


Figura 2. Curvas de sobrevivência, estimado pelo método do produto-limite de Kaplan–Meier, de larvas de segundo ínstar de *Chrysodeixis includens* na testemunha e submetidas à dose recomendada de nove inseticidas.

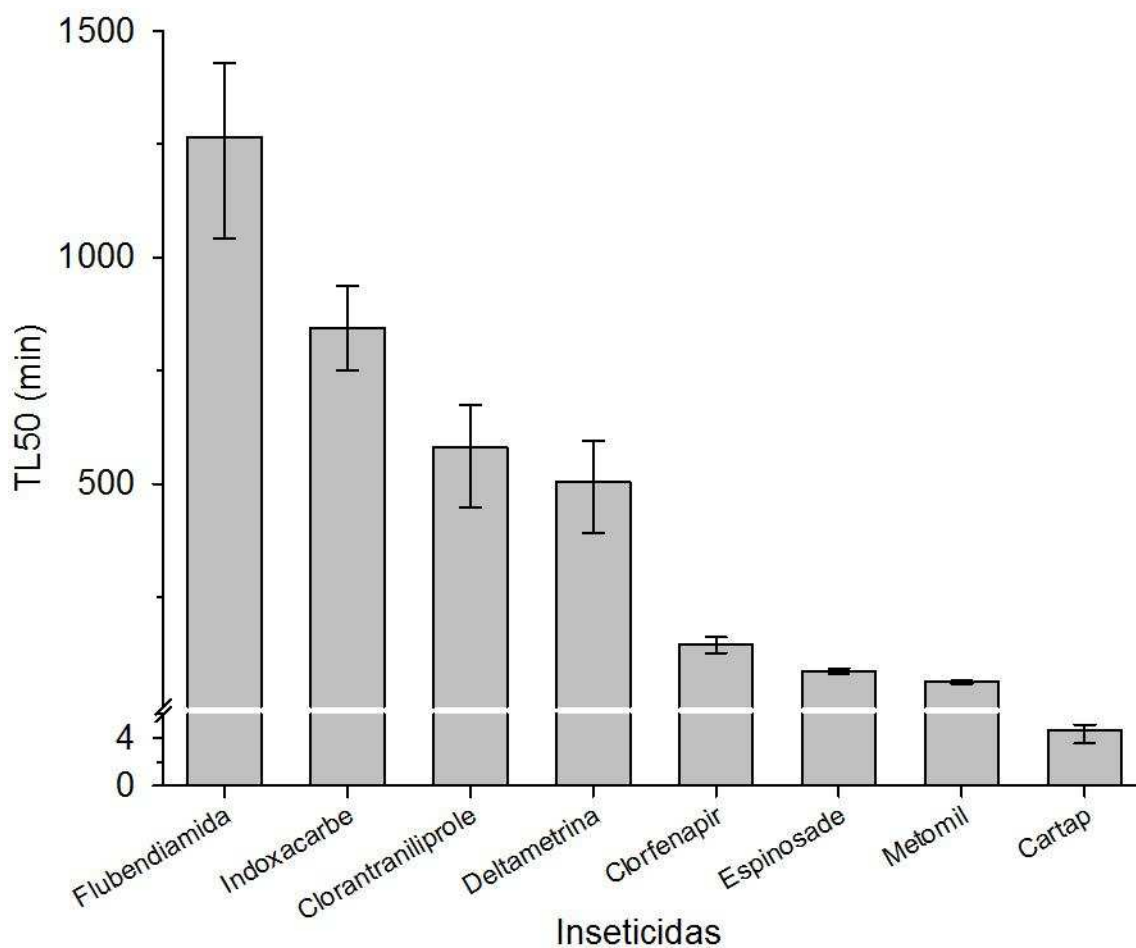


Figura 3. Tempos letais de metade (TL₅₀) da população de larvas de segundo ínstar de *Chrysodeixis includens* em função da aplicação da dose recomendada de nove inseticidas. Os segmentos de reta verticais indicam os intervalos de confiança das TL₅₀ a 95% de probabilidade.

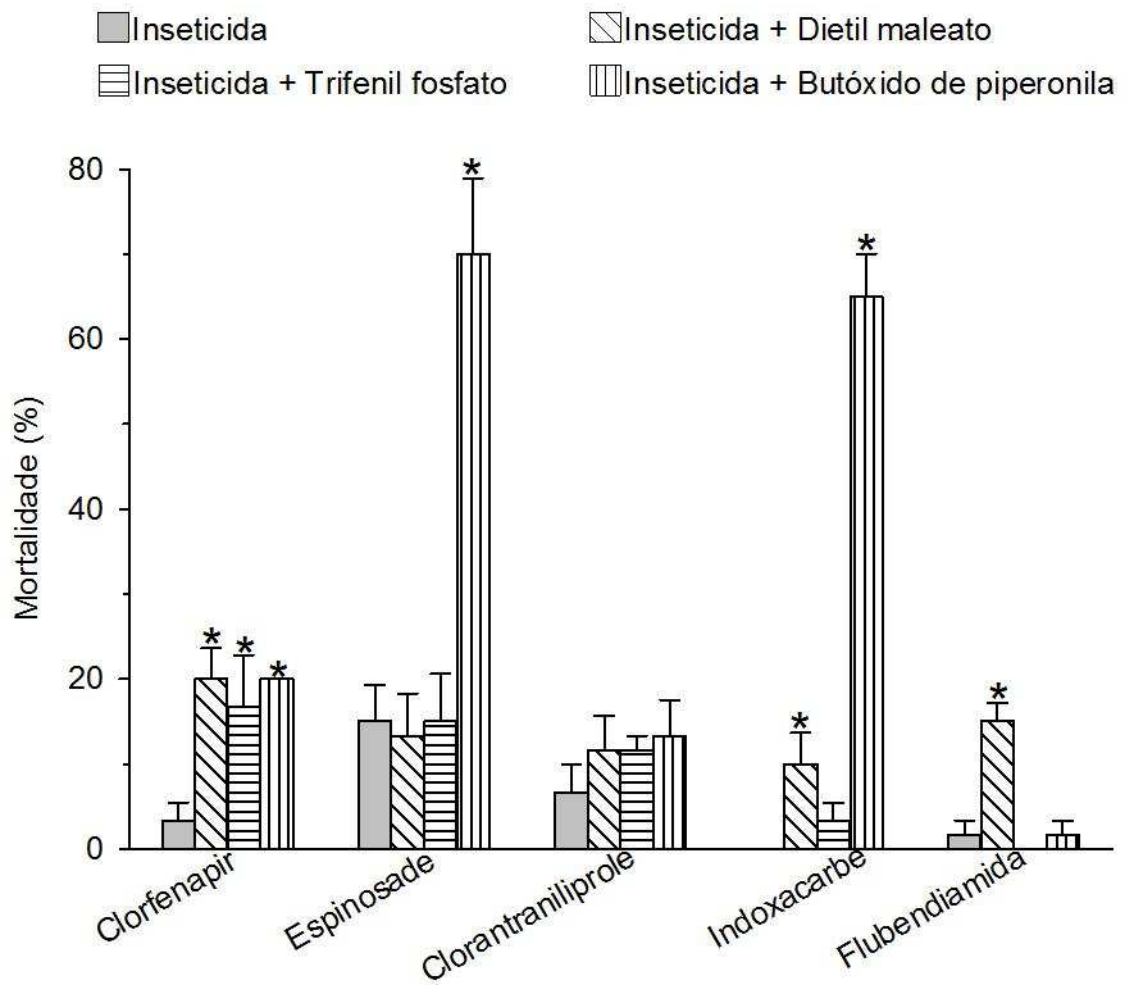


Figura 4. Mortalidade (média + erro padrão) de *Blaptostethus pallescens* causadas pelos inseticidas seletivos em favor desse predador com e sem a adição dos sinergistas dietil maleato, trifenil fosfato e butóxido de piperonila. *A mortalidade causada pelo inseticida com o sinergista foi maior do que aquela causada pelo inseticida, segundo o teste t a $P < 0,05$.

3.3. Impacto dos inseticidas no comportamento de movimentação do predador *B. pallescens*

Não houve diferenças significativas ($P > 0,05$) entre o tratamento controle e os inseticidas para os comportamentos avaliados (tempo parado, tempo andando, tempo em voo e tempo realizando limpeza) em arena totalmente tratada.

Os adultos de *B. pallescens* permaneceram menor proporção de tempo na metade da arena tratada com os inseticidas cartap ($t_{19} = 2.32$, $P < 0.05$), indoxacarb ($t_{19} = 2.72$, $P < 0.05$) e espinosade ($t_{19} = 3.82$, $P < 0.05$). Para flubendiamida o predador permaneceu maior proporção de tempo na metade da arena tratada com o inseticida ($t_{19} = 2.22$, $P < 0.05$). Já para os inseticidas acefato, clorfenapir, clorantraniliprole, deltametrina e metomil o predador permaneceu por uma proporção de tempo semelhante nas duas metades da arena (Figura 5).

4. DISCUSSÃO

O fato dos inseticidas cartap, clorantraniliprole, clorfenapir, espinosade, indoxacarbe, metomil, flubendiamida e deltametrina terem alta eficiência no controle (>80%) de lagartas de *C. includens* tem implicações em programas de manejo integrado de pragas. Neste contexto, esses inseticidas podem ser utilizados em rotação de princípios ativos no controle de *C. includens* por eles apresentarem alta eficiência de controle da praga e possuírem diferentes mecanismos de ação (Whalon et al. 2008).

Outro fato importante é que os inseticidas apresentaram diferentes velocidades de ação. Os inseticidas, espinosade, metomil e cartap apresentaram maiores velocidades no controle de *C. includens* e isso pode estar relacionado à seus mecanismos de ação. Os inseticidas neurotóxicos

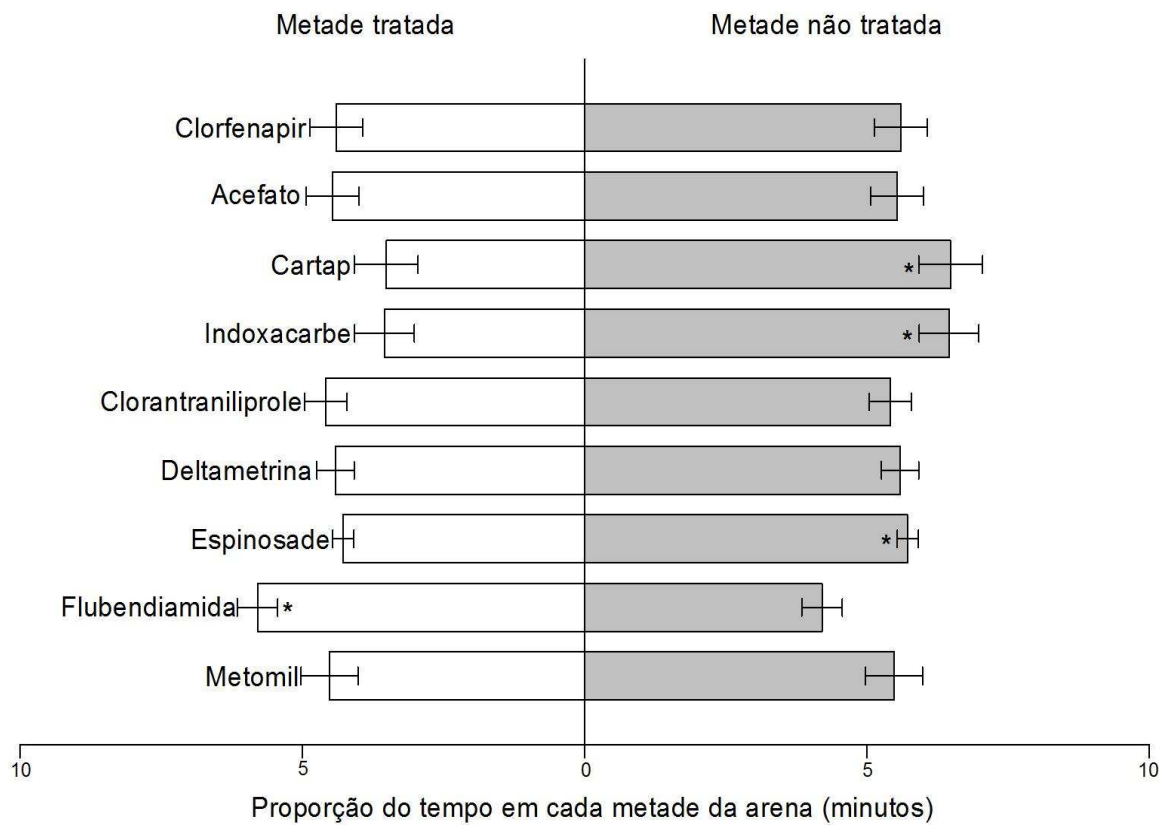


Figura 5. Proporção de tempo (média \pm erro padrão) que os adultos do predador *Blaptostethus palleescens* permaneceram em cada metade de arena tratada ou não com cada inseticida. * O asterisco indica que a proporção de tempo em que o inseto permaneceu nesta metade da arena foi maior que na outra metade de acordo com o teste t pareado a $P < 0,05$.

que atuam em nível de sinapse, de forma geral, são considerados produtos eficientes e de rápida ação (Machemer et al. 1994; Raymond Delpech et al. 2003; Darriet et al. 2010; Campos et al. 2011). Os inseticidas de ação rápida são importantes no controle de *C. includens* uma vez que eles possibilitam a rápida diminuição dos níveis populacionais da praga impedindo assim que elas causem danos econômicos aos cultivos (Hannig et al. 2009; Yu, 2008). As lagartas de *C. includens* possui alta capacidade de alimentação e são muito vorazes, ao atingir níveis de dano econômico devem ser rapidamente controladas, pois causam grandes perdas ao produtor. Em momentos de surtos populacionais, onde os ataques acontecem em um curto intervalo de tempo e de forma muito rápida, a utilização de produtos de ação rápida é extremamente importante e deve ser recomendada (Mansfield et al. 2006; Stark et al. 2007).

Dentre os inseticidas que apresentaram alta eficiência de controle da *C. includens* o cartap e o metomil causaram alta mortalidade e, portanto não foram seletivos em favor do predador *B. pallescens*. Isto é advindo ao amplo espectro de ação desses inseticidas que, de maneira geral, possuem pouca seletividade em favor de organismos não-alvo (Desneux et al. 2007; Bacci et al. 2009; Cordeiro et al. 2010; Biondi et al. 2012). Apesar desses inseticidas causarem elevada mortalidade ao percevejo predador eles podem ser utilizados com base nos princípios da seletividade ecológica. Nessa, a menor exposição dos inimigos naturais aos inseticidas é conseguida através da aplicação em horários de baixa atividade dos inimigos naturais e pelo direcionamento do jato de pulverização para o local de ataque da praga.

Já os inseticidas clorantraniliprole, clorfenapir, espinosade, indoxacarbe e flubendiamida causaram mortalidades inferiores a 20% ao percevejo predador. Esses inseticidas causaram maior mortalidade as lagartas de *C.*

inclusens do que ao predador sendo considerados, portanto produtos seletivos em favor do *B. pallescens*. Os inseticidas seletivos em favor dos inimigos naturais são os produtos ideais para uso em programas de manejo integrado de pragas, já que eles são eficientes no controle das pragas e preservam as populações dos inimigos naturais (Onstad, 2008; Bacci et al. 2009; Smitha et al. 2006).

Os mecanismos de seletividade dos insetos a inseticidas estão incluídos em três categorias: a) redução da penetração do inseticida pela cutícula do inseto; b) insensibilidade do sítio de ação do inseticida; e c) detoxificação ou metabolização do inseticida por enzimas detoxificativas (Oppenoorth, 1985; Hemingway, 2000). Uma importante ferramenta para determinar os mecanismos fisiológicos envolvidos na seletividade de insetos é o uso de sinergistas. Neste trabalho, observou-se aumento significativo das mortalidades do predador *B. pallescens* causadas pelos inseticidas clorfenapir, espinosade, indoxacarbe e flubendiamida em função da aplicação dos sinergistas, trifenil fosfato, dietil maleato e butóxido de piperonila.

O dietil maleato aumentou o efeito letal dos inseticidas clorfenapir, indoxacarbe e flubendiamida; o trifenil fosfato aumentou o efeito letal de clorfenapir e o butóxido de piperonila aumentou expressivamente o efeito letal de espinosade e indoxarbe ao percevejo *B. pallescens*, indicando que enzimas como as tranferases, hidrolases e as oxidases, exercem importante função na seletividade a esses inseticidas nesta espécie.

Pelos resultados obtidos podemos afirmar que essas enzimas atuam conjuntamente em *B. pallescens*, exercendo importante papel detoxificativo, implicando em múltiplos mecanismos de seletividade, já que ocorrem pelo

menos dois diferentes mecanismos de seletividade coexistindo e conferindo seletividade a dois ou mais compostos químicos.

As enzimas de detoxificação não apresentaram importância para o percevejo *B. pallenscens* quando expostos ao inseticida clorraniliprole. Isso deve estar relacionado à insensibilidade do sítio de ação no predador ao inseticida (Yu, 1987; Lahm et al. 2009). O clorraniliprole é um inseticida bastante efetivo, porém essa eficiência se dá em insetos da ordem Lepidoptera (Lahm et al. 2009). Outro fator importante que pode estar relacionado à seletividade do clorraniliprole é a sua alta afinidade aos receptores de rianodina em espécies dessa ordem (Nauen, 2006). Já para flubendiamida a enzima glutathione S-transferase demonstrou ter papel na metabolização em *B. pallenscens*. Clorfenapir e indoxacarbe são pró-inseticida, e são ativados por monooxigenase após a ingestão pelo inseto, o que demanda mais tempo para causar mortalidade (Wing et al. 2000). Os sintomas são morte celular e, em última instância, morte do inseto (Treacy et al. 1994; Rust & Saran, 2006). Já o espinosade se liga 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), além disso, as monooxigenases demonstraram importante papel na metabolização desse produto em *B. pallenscens*.

A seletividade do clorraniliprole (Dinter et al. 2008; Preetha et al. 2009; Campos et al. 2011), indoxacarbe (Galvan et al. 2005), clorfenapir (Lima et al. 2013), espinosade (Pereira et al. 2014) e flubendiamida (Tohnishi et al. 2005) em favor de inimigos naturais tais como percevejos predadores (Lahm et

al. 2009; Castro et al. 2013; Pereira et al. 2014), tesourinha (Campos et al. 2011) e vespas parasitóides (Preetha et al. 2009) tem sido constantemente reportada.

Os inseticidas podem alterar o comportamento dos insetos por causar irritabilidade e repelência. Nos bioensaios comportamentais com arena totalmente tratada não foi observada diferença significativa entre a testemunha e os inseticidas testados para as características avaliadas. O fato destes inseticidas não causarem mudanças no comportamento de movimentação desse predador não compromete o forrageamento, a busca pelo local adequado de alimentação e de parceiros para o acasalamento, o que possivelmente não altera a eficiência no controle biológico nas áreas tratadas. Entretanto, esse comportamento não é vantajoso na presença de produtos não seletivos, pois o percevejo acaba permanecendo na área sendo assim intoxicado.

Já nos bioensaios comportamentais com metade da arena tratada foi averiguado o efeito de repelência frente a exposição do predador *B. pallenscens* aos inseticidas cartap, indoxacarbe e espinosade. O comportamento de evitar superfícies contaminadas por inseticidas é uma característica dos inimigos naturais desejável em programas de MIP, pois a redução da exposição a inseticidas não seletivos aumenta a sobrevivência dos inimigos naturais em condições de campo (Cordeiro et al. 2010; Campos et al. 2011). Esta característica aliada a menor toxicidade de indoxacarbe e espinosade, pode resultar em alta sobrevivência desse predador no campo. O fato de evitar áreas tratadas pode ser fator importante no aumento da sobrevivência de predadores em áreas tratadas com compostos de alta toxicidade (Cordeiro et al. 2010). Já para flubendiamida o percevejo ficou mais tempo na metade tratada do que na

metade não tratada e isto não implica em consequências negativas, mesmo ocorrendo atração desse predador para as áreas tratadas, uma vez que esse inseticida não causa mortalidade e nem irritabilidade de *B. pallezens*.

5. CONCLUSÕES

❖ Os inseticidas cartap, clorantraniliprole, clorfenapir, espinosade, indoxacarbe, metomil, flubendiamida e deltametrina apresentam alta mortalidade a lagartas de *Chrysodeixis includens* e, portanto podem ser utilizados em rotação no controle desta praga.

❖ Indoxacarbe, clorantraniliprole, flubendiamida, deltametrina e clorfenapir têm ação rápida no controle de *C. includens*.

❖ Clorantraniliprole, clorfenapir, espinosade, indoxacarbe e flubendiamida são seletivos em favor do predador *B. pallezens*.

❖ As enzimas tranferases, hidrolases e as oxidases, exercem importante função na seletividade dos inseticidas ao percevejo predador.

❖ Flubendiamida tem efeito de atração sobre *B. pallezens*. Já cartap, indoxacarbe e espinosade têm efeito de repelência sobre esse predador.

❖ Os resultados desse estudo reforçam a importância da utilização de compostos mais seletivos como clorfenapir, espinosade, indoxacarbe e flubendiamida ou ainda por compostos de alta especificidade como o clorantraniliprole, devido a menor toxicidade a organismos não-alvo o que confere a possibilidade de maior sustentabilidade dos programas de MIP da *C. includens*.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Abbott, W.S. A method of computing the effectiveness of an insecticide. **Journal of Economic Entomology** 18: 265-266, 1925.

Aldridge, W.N. Serum esterases I. Two types of esterase (A and B) hydrolysing p-nitrophenyl acetate, propionate and butyrate, and a method for their determination. **Biochemical Journal** 53: 110-117, 1953.

Bacci, L.; Picanço, M.C.; Rosado, J.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** 44: 103-113, 2009.

Bale, J.S.; van Lenteren, J.C.; Bigler, F. Biological control and sustainable food production. **Philosophical Transactions Royal Society B** 363: 761-776, 2008.

Ballal, C.R.; Gupta, T.; Joshi, S. Predatory potential of two indigenous anthocorid predators on *Phenacoccus solenopsis* Tinsley and *Paracoccus marginatus* Williams and Granara de Willink. **Journal Biological Control** 26: 18-22, 2012.

Barrionuevo, M.J.; Murúa, M.G.; Goane, L.; Meagher, R.; Navarro, F. Life table studies of *Rachiplusia nu* (Guenée) and *Chrysodeixis* (= *Pseudoplusia includens* (Walker) (Lepidoptera: Noctuidae) on artificial diet. **Florida Entomologist** 95: 944-951, 2012.

Bellés, X.; Baldellou, M.; Messeguer, A. Synergistic action of diethyl maleate on the morphogenetic and antigonadotropic activity of precocenes on the seed bug *Oxycarenus lavatae*(F.). **Archives of Insect Biochemistry and Physiology** 4: 107-112, 1987.

Bernardi, O.; Malvestiti, S.G.; Dourado, M.P.; Oliveira, S.W.; Martinelli, S.; Berger, U.G.; Head, P.G.; Omoto, C. Assessment of the high-dose concept and level of control provided by MON 87701 MON 89788 soybean against *Anticarsia gemmatilis* and *Pseudoplusia includens* (Lepidoptera: Noctuidae) in Brazil. **Pest Management Science** 68: 1083-1091, 2012.

Biondi, A.; Desneux, N.; Siscaro, G.; Zappalà, L. Using organic-certified rather than synthetic pesticides may not be safer for biological control agents: Selectivity and side effects of 14 pesticides on the predator *Orius laevigatus*. **Chemosphere** 87: 803-812, 2012.

Bosch, R.V.D; Stern, V.M. The integration of chemical and biological control of arthropod pests. **Annual Review of Entomology** 7:367-386, 1962.

Brattsten, L.B.; Holyoke Jr., C.W.; Leeper, J.R.; Raffa, K.F. Insecticide resistance: challenge to pest management and basic research. **Science** 231: 1255-60, 1986.

Campos, M.R.; Picanço, M.C.; Martins, J.C.; Tomaz, A.C.; Guedes, R.N.C. Insecticide selectivity and behavioral response of the earwig *Doru luteipes*. **Crop Protection** 30: 1535-1540, 2011.

Castro, A.A.; Corrêa, A.S.; Legaspi, J.C.; Guedes, R.N.C.; Serrão, J.E.; Zanuncio, J.C. Survival and behavior of the insecticide exposed predators *Podisus nigrispinus* and *Supputius cincticeps* (Heteroptera: Pentatomidae). **Chemosphere** 93: 1043-1050, 2013.

Chelvanayagam, G.; Parker, M.W.; Board, P.G. Fly fishing for GSTs: a unique nomenclature for mammalian and insect glutathione transferases. **Chemico-Biological Interactions** 133: 256-260, 2001.

Cordeiro, E.M.G.; Corrêa, A.S.; Venzon, M.; Guedes, R.N.C. Insecticide survival and behavioral avoidance in the lacewings *Chrysoperla externa* and *Ceraeochrysa cubana*. **Chemosphere** 81: 1352-1357, 2010.

Darriet, F.; Marcombe S.; Etienne, M.; Yebakima, A.; Agnew, P.; Yp-Tcha M.M.; Corbel, V. Field evaluation of pyriproxyfen and spinosad mixture for the control of insecticide resistant *Aedes aegypti* in Martinique (French West Indies). **Parasit & Vectors** 3: 88, 2010. DOI:10.1186/1756-3305-3-88

Raymond Delpech, V.; Ihara, M.; Coddou, C.; Matsuda, K.; Sattelle, D.B. Action of nereistoxin on recombinant neuronal nicotinic acetylcholine receptors expressed in *Xenopus laevis* oocytes. **Invertebrate Neuroscience** 5: 29-35, 2003.

Desneux, N.; Decourtye, A.; Delpuech, J.M. The sublethal effects of pesticides on beneficial arthropods. **Annual Review of Entomology** 52: 81-106, 2007.

Desneux, N.; O'neil, R.J. Potential of an alternative prey to disrupt predation of the generalist predator, *Orius insidiosus*, on the pest aphid, *Aphis glycines*, via short-term indirect interactions. **Bulletin of Entomological Research** 98: 631-639, 2008.

Dinter, A.; Brugger, K.; Bassi, A.; Frost, N.M.; Woodward, M.D. Cloranthraniliprole (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** 35: 128-135, 2008.

Evans, S.C.; Shaw, E.M.; Rypstra, A.L. Exposure to a glyphosate-based herbicide affects agrobiont predatory arthropod behavior and long-term survival. **Ecotoxicology** 19: 1249-1257, 2010.

Galdino, T.V.S.; Picanço, M.C.; Morais, E.G.F.; Silva, N.R.; Silva, G.A.R.; Lopes, M.C. Bioassay method for toxicity studies of insecticide formulations to *Tuta absoluta* (Meyrick, 1917). **Ciência e Agrotecnologia** 35: 869-877, 2011.

Galvan, T.L.; Koch, R.L.; Hutchison, W.D. Toxicity of commonly used insecticides in sweet corn and soybean to multicolored Asian lady beetle (Coleoptera: Coccinellidae). **Journal of Economic Entomology** 98: 780-789, 2005.

- Gradish, A.E.; Scott-Dupree, C.D.; Shipp, L.; Harris, C.R.; Ferguson, G. Effect of reduced risk pesticides on greenhouse vegetable arthropod biological control agents. **Pest Management Science** 67: 82-86, 2011.
- Guedes, N.M.P.; Guedes, R.N.C.; Ferreira, G.H.; Silva, L.B. Flight take-off and walking behavior of insecticide-susceptible and – resistant strains of *Sitophilus zeamais* exposed to deltamethrin. **Bulletin of Entomological Research** 99: 393-400, 2009.
- 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** 102: 170-176, 2009.
- Hannig, G.T.; Ziegler, M.; Marçon, P.G. Feeding cessation effects of chlorantraniliprole, a new anthranilic diamide insecticide, in comparison with several insecticides in distinct chemical classes and mode-of-action groups. **Pest Management Science** 65: 969-974, 2009.
- Hassan, S.A.; Albert, R.; Bigler, F.; Blaisinger, P.; Bogenschutz, H.; Boller, E.; Brun, J.; Chiverton, P.; Edwards, P.; Englert, W.D.; Huang, P.; Inglesfield, C.; Naton, E.; Ooman, P.A.; Overmeer, W.P.J.; Rieckmann, W.; Samoe-Petersen, L.; Staubli, A.; Tuset, J.J.; Viggiani, G.; Vanwetswinkel, G. Results of the third joint pesticide testing program by the IOBC/WPRS-working group "Pesticides and Beneficial Organisms". **Journal of Applied Entomology** 103: 92-107, 1987.
- Hemingway, J. The molecular basis of two contrasting metabolic mechanisms of insecticide resistance. **Insect Biochemistry and Molecular Biology** 30: 1009-1015, 2000.
- Hoyt, S.C. Integrated chemical control of insects and biological control of mites on apple in Washington. **Journal of Economic Entomology** 62: 74-86, 1969.
- Ishaaya, I. Insect detoxifying enzymes: Their importance in pesticide synergism and resistance. **Archives of Insect Biochemistry and Physiology** 22: 263-276, 1993.
- Jost, D.J.; Pitre, H.N. Soybean looper (Lepidoptera: Noctuidae) oviposition on cotton and soybean of different growth stages: influence of olfactory stimuli. **Journal of Economic Entomology** 95: 286-293, 2002.
- Kitching, I.J.; Rawlins, J.E. Spectacles and silver Ys: a synthesis of the systematics, cladistics and biology of the Plusiinae (Lepidoptera: Noctuidae). **Bulletin of the Natural History Museum (Entomology)** 49: 153-234, 1987.
- Kogan, M. Integrated pest management: historical perspectives and contemporary developments. **Annual Review of Entomology** 43: 243-270, 1998.
- Lahm, G.P.; Cordova, D.; Barry, J.D. New and selective ryanodine receptor activators for insect control. **Bioorganic & Medicinal Chemistry** 17: 4127-4133, 2009.

- Lattin, J.D. Bioeconomics of the Anthocoridae. **Annual Review of Entomology** 44: 207-231, 1999.
- Lima, D.B.; Melo, J.W.S.; Guedes, R.N.C.; Siqueira, H.A.A.; Pallini, A.; Gondim, M.G.C. Survival and behavioural response to acaricides of the coconut mite predator *Neoseiulus baraki*. **Experimental & Applied Acarology** 60: 381-393, 2013.
- Longley, M.; Jepson, P.C. The influence of insecticide residues on primary parasitoid and hyperparasitoid foraging behaviour in the laboratory. **Entomologia Experimentalis et Applicata** 81: 259-269, 1996.
- Machemer, L.H.; Pickel, M. Carbamates Insecticides. **Toxicology** 91: 29-36, 1994.
- Mansfield, S.; Dillon, M.L.; Whitehouse, M.E.A. Are arthropod communities in cotton really disrupted? An assessment of insecticide regimes and evaluation of the beneficial disruption index. **Agriculture, Ecosystems and Environment** 113: 326-335, 2006.
- MAPA. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **AGROFIT: Sistema de agrotóxicos fitossanitários**. Disponível em: <http://www.agricultura.gov.br/agrofit>. Acesso em janeiro de 2013.
- Matthews, G.A. Attitudes and behaviours regarding use of crop protection products - A survey of more than 8500 smallholders in 26 countries. **Crop Protection** 27: 834-846, 2008.
- Michalková, V.; Pekár, S. How glyphosate altered the behaviour of agrobiont spiders (Araneae: Lycosidae) and beetles (Coleoptera: Carabidae). **Biological Control** 51: 444-449, 2009.
- Nauen, R. Perspectives Insecticide mode of action: return of the ryanodine receptor. **Pest Management Science** 62: 690-692, 2006.
- Onstad, D. W. **Insect Resistance Management: Biology, Economics and Prediction**. Academic, London, 2008.
- Oppenoorth, F.J. Biochemistry and genetics of insecticide resistance. **Comprehensive insect physiology, biochemistry and pharmacology**. In: Kerkut, G.A.; Gilbert, L.I. (Eds.). Pergamon, Oxford, 1985.
- Pereira, R.R.; Picanço, M.C.; Santana Jr., P.A.; Moreira, S.S.; Guedes, R.N.C.; Corrêa, A.S. Insecticide toxicity and walking response of three pirate bug predators of the tomato leaf miner *Tuta absoluta*. **Agricultural and Forest Entomology**, 2014. DOI: 10.1111/afe.12059.
- 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** 37: 209-215, 2009.
- Ripper, W.E. Biological control as a supplement to chemical control of insect pests. **Nature** 153:448-452, 1944.

- Ripper, W.E.; Greenslade, R.M.; Hartley, G.S. Selective insecticides and biological control. **Journal of Economic Entomology** 44: 448-459, 1951.
- Rust, M.K.; Saran, R.K. Toxicity, repellency, and transfer of chlorfenapyr against western subterranean termites (Isoptera: Rhinotermitidae) **Journal of Economic Entomology** 99: 864-872, 2006.
- Salgado, V.L. Studies on the mode of action of spinosad: Insect symptoms and physiological correlates. **Pesticide Biochemistry and Physiology** 60: 91-102, 1998.
- SAS Institute, 2013. SAS User's Manual, Version 9.4. SAS Institute, Cary, NC, USA.
- Schoonhoven, L.M.; van Loon, J.J.A.; Dicke, M. **Insect-Plant Biology**, 2 ed. Oxford University, Oxford, 2005.
- Smitha, M.S.; Giraddi, R.S. Safety of pesticidal sprays to natural enemies in Chilli (*Capsicum annum* L.). **Journal of Biological Control** 20: 7-12, 2006.
- Sobhy, I.S.; Abdul-Hamid, A.M.; Sarhan, A.A.; Shoukry, A.A.; Mandour, N.S.; Reitz, S.R. Life history traits of *Blaptostethus pallescens* (Hemiptera: Anthocoridae), a candidate for use in augmentative biological control in Egypt. **Applied Entomology and Zoology** 49: 315-324, 2014.
- Sonderlund, D.M.; Bloomquist, J.R. Molecular mechanisms of insecticide resistance. In: Roush, R.T.; Tabashnik, B.E. (Eds.) **Pesticide Resistance in Arthropods**. Chapman & Hall, New York, 1990.
- Stark, J.D.; Vargas, R.; Banks, J.E. Incorporating ecologically relevant measures of pesticide effect for estimating the compatibility of pesticides and biocontrol agents. **Journal of Economic Entomology** 100: 1027-1032, 2007.
- Tohnishi, M.; Nakao H.; Furuya, T.; Seo, A.; Kodama, H.; Tsubata, K.; Fujioka, S.; Kodama, H.; Hirooka, T.; Nishimatsu, T. Flubendiamide, a novel class insecticide with high activity against Lepidoptera. **Journal Pesticide Science** 30: 354-360, 2005.
- Treacy, M.; Miller, T.; Black, B.; Gard, I.; Hunt, D.; Hollingworth, R.M., Uncoupling activity and pesticidal properties of pyrroles. **Biochemical Society Transactions** 22: 244-247, 1994.
- Van den Bosch, R.; Stern, V.M. The integration of chemical and biological control of arthropod pests. **Annual Review of Entomology** 7: 367-381, 1962.
- Veire, M.; Smagghe, G.; Degheele, D. Laboratory test method to evaluate the effect of 31 pesticides on the predatory bug, *Orius laevigatus* (Het: Anthocoridae). **Entomophaga** 41: 235-243, 1996.
- Watson, G.B. Actions of insecticidal spinosyns on aminobutyric acid receptors from small-diameter cockroach neurones. **Pesticide Biochemistry and Physiology** 71: 20-28, 2001.

Whalon, M.E.; Mota-Sanchez, D.; Hollingworth, R.M. **Global Pesticide Resistance in Arthropods**. CABI, Oxfordshire. 2008.

Wiles, J.A.; Jepson, P.C. Sub-lethal effects of deltamethrin residues on the withincrop behaviour and distribution of *Coccinella septempunctata*. **Entomologia Experimentalis et Applicata** 72: 33-45, 1994.

Wing, K.D.; Sacher, M.; Kagaya, Y.; Tsurubuchi, Y.; Mulderig, L.; Connair, M.; Schnee, M. Bioactivation and mode of action of the oxidiazine indoxacarb in insects. **Crop Protection** 19: 537-545, 2000.

Xu, Y.Y.; Liu, T.X.; Leibe, G.L.; Jones W.A. Effects of selected insecticides on *Diadegma insulare* (Hymenoptera: Ichneumonidae), a parasitoid of *Plutella xylostella* (Lepidoptera: Plutellidae). **Biocontrol Science and Technology** 14: 713-723, 2004.

Yu, S.J. Biochemical defense capacity in the spined soldier bug (*Podisus maculiventris*) and its lepidopterous prey. **Pesticide Biochemistry and Physiology** 28: 216-223, 1987.

Yu, S.J. **The toxicology and biochemistry of Insecticides**. CRC, Boca Raton, 2008.